

CHAPITRE 10

EMISSIONS IMPUTABLES AU BETAIL ET A LA GESTION DU FUMIER

Auteurs

Hongmin Dong (Chine), Joe Mangino (États-Unis) et A. McAllister (Canada)

Jerry L. Hatfield (États-Unis), Donald E. Johnson (États-Unis), Keith R. Lassey (Nouvelle Zélande), Magda Aparecida de Lima (Brésil) et Anna Romanovskaya (Fédération de Russie)

Contributeurs

Deborah Bartram (États-Unis), Darryl Gibb (Canada) et John H. Martin, Jr. (États-Unis)

Table des matières

10	Émissions imputables au bétail et à la gestion du fumier	
10	Emissions imputables au bétail et à la gestion du fumier	10.7
10.1	Introduction.....	10.7
10.2	caractérisation du bétail et de son alimentation.....	10.7
10.2.1	Étapes de définition des catégories et sous-catégories de bétail.....	10.7
10.2.2	Choix de la méthode.....	10.8
10.2.3	Évaluation des incertitudes.....	10.26
10.2.4	Caractérisation du bétail sans méthodes d'estimation des émissions spécifiques aux espèces	10.27
10.3	Émissions de méthane dues à la fermentation entérique.....	10.27
10.3.1	Choix de la méthode.....	10.28
10.3.2	Choix des facteurs d'émission.....	10.30
10.3.3	Choix des données sur les activités	10.38
10.3.4	Évaluation des incertitudes.....	10.38
10.3.5	Exhaustivité, série temporelle, AQ/CQ et établissement de rapports.....	10.39
10.4	Émissions de méthane dues à la gestion du fumier	10.40
10.4.1	Choix de la méthode.....	10.40
10.4.2	Choix des facteurs d'émission.....	10.43
10.4.3	Choix des données sur les activités	10.56
10.4.4	Évaluation des incertitudes.....	10.56
10.4.5	Exhaustivité, série temporelle, assurance de la qualité/contrôle de la qualité et établissement de rapports.....	10.58
10.5	Émissions de N ₂ O dues à la gestion du fumier	10.60
10.5.1	Choix de la méthode.....	10.61
10.5.2	Choix des facteurs d'émissions	10.66
10.5.3	Choix des données sur les activités	10.71
10.5.4	Coordination avec l'inventaire des émissions de N ₂ O des sols gérés.....	10.76
10.5.5	Évaluation des incertitudes.....	10.78
10.5.6	Exhaustivité, série temporelle, assurance de la qualité/contrôle de la qualité et établissement de rapports.....	10.80
10.5.7	Utilisation des feuilles de travail	10.81
Annexe 10A.1	Données sous-jacentes aux facteurs d'émissions de méthane par défaut pour la fermentation entérique.....	10.85
Annexe 10A.2	Données sous-jacentes aux facteurs aux facteurs d'émissions de méthane par défaut pour la gestion du fumier.....	10.91
Références	.....	10.98

Équations

Équation 10.1	Population annuelle moyenne	10.09
Équation 10.2	Coefficient permettant de calculer l'énergie nette nécessaire à la survie.....	10.15
Équation 10.3	Énergie nette nécessaire à la survie.....	10.18
Équation 10.4	Énergie nette nécessaire aux activités (bovins et buffles).....	10.18
Équation 10.5	Énergie nette nécessaire aux activités (moutons).....	10.19
Équation 10.6	Énergie nette nécessaire à la croissance (bovins et buffles).....	10.20
Équation 10.7	Énergie nette nécessaire à la croissance (moutons)	10.20
Équation 10.8	Énergie nette nécessaire à la lactation (vaches, vaches laitières et bufflonnes).....	10.21
Équation 10.9	Énergie nette nécessaire à la lactation (brebis, chiffres de la production de lait disponibles) 10.21	
Équation 10.10	Énergie nette nécessaire à la lactation (brebis, chiffres de la production de lait indisponibles).....	10.22
Équation 10.11	Énergie nette nécessaire au travail (bovins et buffles).....	10.22
Équation 10.12	Énergie nette nécessaire à la production de laine (moutons)	10.22
Équation 10.13	Énergie nette nécessaire à la gestation (bovines/bufflonnes et brebis)	10.23
Équation 10.14	Taux d'énergie nette disponible dans l'alimentation pour la survie par rapport à l'énergie digestible consommée	10.24
Équation 10.15	Taux d'énergie nette disponible dans l'alimentation pour la croissance par rapport à l'énergie digestible consommée	10.24
Équation 10.16	Énergie brute des bovins/buffles et moutons).....	10.24
Équation 10.17	Estimation de la consommation de matière sèche des bovins en croissance et en fin de vie.	10.25
Équation 10.18a	..... Estimation de la consommation de matière sèche des bovins matures	10.25
Équation 10.18b	..... Estimation de la consommation de matière sèche des vaches laitières matures	10.26
Équation 10.19	Émissions dues à la fermentation entérique d'une catégorie de bétail.....	10.33
Équation 10.20	..... Émissions totales dues à la fermentation entérique du bétail	10.33
Équation 10.21	Facteurs d'émissions du CH ₄ dues à la fermentation entérique d'une catégorie de bétail.....	10.36
Équation 10.22	Émissions de CH ₄ dues à la gestion du fumier	10.43
Équation 10.23	Facteur d'émissions de CH ₄ dues à la gestion du fumier	10.49
Équation 10.24	..... Taux d'excrétion des solides volatils	10.50
Équation 10.25	Émissions directes de N ₂ O dues à la gestion du fumier	10.62
Équation 10.26	Pertes de N dues à la volatilisation lors de la gestion du fumier.....	10.63
Équation 10.27	Émissions indirectes de N ₂ O dues à la volatilisation du N lors de la gestion du fumier.....	10.65
Équation 10.28	Pertes de N dues à la lixiviation de systèmes de gestion du fumier	10.65
Équation 10.29	Émissions indirectes de N ₂ O dues à la lixiviation lors de la gestion du fumier	10.66
Équation 10.30	Taux annuels d'excrétion de N	10.66
Équation 10.31	Taux annuels d'excrétion de N (niveau 2).....	10.67
Équation 10.32	Taux de consommation de N des bovins	10.68

Équation 10.33 Taux de rétention du N par les bovins	10.70
Équation 10.34 N des fumiers gérés disponible pour l'application aux sols gérés, l'alimentation, le combustible ou la construction.....	10.77

Figures

Figure 10.1 Diagramme décisionnel de caractérisation du bétail.....	10.10
Figure 10.2 Diagramme décisionnel relatif aux émissions de CH ₄ dues à la fermentation entérique	10.29
Figure 10.3 Diagramme décisionnel pour les émissions de CH ₄ dues à la gestion du fumier.....	10.42
Figure 10.4 Diagramme décisionnel pour les émissions de N ₂ O dues à la gestion du fumier (Note 1).....	10.64

Tableaux

Tableau 10.1 Catégories de bétail représentatives ^{1,2}	10.13
Tableau 10.2 Digestibilité alimentaire représentative pour diverses catégories de bétail.....	10.17
Tableau 10.3 Résumé des équations utilisées pour l'estimation de la consommation énergétique quotidienne brute des bovins, buffles et moutons	10.18
tableau 10.4 Coefficient permettant de calculer l'énergie nette nécessaire à la survie (EN _s).....	10.19
Tableau 10.5 Coefficient d'activités correspondant aux conditions alimentaires de l'animal.....	10.20
Tableau 10.6 Constantes à utiliser pour calculer l'EN _{Cce} des moutons.....	10.21
Tableau 10.7 Constantes à utiliser pour calculer ENg à l'équation 10.13	10.23
Tableau 10.8 Exemples de teneur en EN _{ma} pour les régimes alimentaires types donnés aux bovins, pour l'estimation de la consommation de matière sèche aux équations 10.17 et 10.18	10.26
Tableau 10.9 Suggestions de méthodes d'inventaires des émissions pour la fermentation entérique	10.32
Tableau 10.10 Facteurs d'émissions de la fermentation entérique pour les méthodes de niveau 1 ¹ (kg CH ₄ tête ⁻¹ an ⁻¹)	10.33
Tableau 10.11 Facteurs d'émissions de niveau 1 pour la fermentation entérique des bovins ¹	10.34
Tableau 10.12 Facteurs de conversion du CH ₄ pour les bovins/buffles (Y _m)	10.35
Tableau 10.13 Facteurs de conversion du CH ₄ pour les moutons (Y _m)	10.36
Tableau 10.14 Facteurs d'émissions de méthane dues à la gestion du fumier par températures pour les bovins, suidés et buffles ^a (kg CH ₄ tête ⁻¹ an ⁻¹)	10.44
Tableau 10.15 Facteurs d'émissions de méthane dues à la gestion du fumier par températures pour les chèvres, chameaux, chevaux, mules et ânes, et volaille ^a (kg CH ₄ tête ⁻¹ an ⁻¹).....	10.46
Tableau 10.15 (suite) Facteurs d'émissions de méthane dues à la gestion du fumier par températures pour les chèvres, chameaux, chevaux, mules et ânes, et volaille ^a (kg CH ₄ tête ⁻¹ an ⁻¹).....	10.47
Tableau 10.16 Facteurs d'émissions de méthane dues à la gestion du fumier pour les cervidés, rennes, lapins et animaux à fourrure	10.48
Tableau 10.17 Valeurs des FCM par températures pour les systèmes de gestion du fumier	10.52
Tableau 10.17 (suite) Valeurs des FCM par températures pour les systèmes de gestion du fumier	10.53

Tableau 10.17	(suite) Valeurs des FCM par températures pour les systèmes de gestion du fumier	10.54
Tableau 10.17	(suite) Valeurs des FCM par températures pour les systèmes de gestion du fumier	10.55
Tableau 10.18	Définitions des systèmes de gestion du fumier	10.57
Tableau 10.19	Valeurs par défaut du taux d'excrétion d'azote ^a (kg N (1 000 kg masse animale) ⁻¹ jour ⁻¹) ..	10.69
Tableau 10.20	Valeurs par défaut de la fraction d'azote dans la consommation d'alimentation du bétail retenue par les différentes espèces/catégories de bétail (fraction de consommation de N retenue par l'animal)	10.70
Tableau 10.21	Facteurs d'émissions par défaut des émissions directes de N ₂ O dues à la gestion du fumier.....	10.73
Tableau 10.22	Valeurs par défaut des pertes d'azote dues à la volatilisation de NH ₃ et de NO _x lors de la gestion du fumier.....	10.77
Tableau 10.23	Valeurs par défaut des pertes totales d'azote des systèmes de gestion du fumier.....	10.79
Tableau 10A.1	Données permettant d'estimer les facteurs d'émissions du CH ₄ dues à la fermentation entérique des vaches laitières au tableau 10.11	10.85
Tableau 10A.2	Données permettant d'estimer les facteurs d'émissions du CH ₄ dues à la fermentation entérique des autres bovins au tableau 10.11	10.86
Tableau 10A.2	(suite) Données permettant d'estimer les facteurs d'émissions du CH ₄ dues à la fermentation entérique des autres bovins au tableau 10.11	10.87
Tableau 10A.2	(suite) Données permettant d'estimer les facteurs d'émissions du CH ₄ dues à la fermentation entérique des autres bovins au tableau 10.11	10.88
Tableau 10A.3	Données permettant d'estimer les facteurs d'émissions du CH ₄ dues à la fermentation entérique des buffles	10.89
Tableau 10A-4	Calcul du facteur d'émissions de méthane dues à la gestion du fumier des vaches laitières	10.89
Tableau 10A-5	Calcul du facteur d'émissions de méthane dues à la gestion du fumier des autres bovins....	10.91
Tableau 10A-6	Calcul du facteur d'émissions de méthane dues à la gestion du fumier des buffles.....	10.92
Tableau 10A-7	Calcul du facteur d'émissions de méthane dues à la gestion du fumier des suidés de marché	10.93
Tableau 10A-8	Calcul du facteur d'émissions de méthane dues à la gestion du fumier des suidés de reproduction.....	10.94
Tableau 10A-9	Calcul du facteur d'émissions de méthane dues à la gestion du fumier pour d'autres animaux	10.95
Tableau 10A-9	(suite) Calcul du facteur d'émissions de méthane dues à la gestion du fumier pour d'autres animaux.....	10.98

10 ÉMISSIONS IMPUTABLES AU BÉTAIL ET A LA GESTION DU FUMIER

10.1 INTRODUCTION

Le présent chapitre fournit des recommandations sur les méthodes d'estimation des émissions de méthane dues à la fermentation entérique du bétail, et des émissions de méthane et d'oxyde nitreux dues à la gestion du fumier. On n'estime pas les émissions de CO₂ dues au bétail car on suppose que les émissions annuelles nettes de CO₂ sont nulles : le CO₂ de la photosynthèse des plantes retourne vers l'atmosphère en tant que CO₂ respiré. Une partie du C retourne en tant que CH₄, lequel doit être comptabilisé séparément.

L'élevage de bétail peut entraîner des émissions de méthane (CH₄) en raison de la fermentation entérique, et des émissions d'oxyde nitreux (N₂O) dues aux systèmes de gestion du fumier du bétail. Dans de nombreux pays, les bovins sont une source importante de CH₄ en raison de leur vaste nombre et du fort taux d'émissions de CH₄ dû à leur appareil digestif ruminant. Les émissions de méthane dues à la gestion du fumier sont en général moins importantes que les émissions entériques. Les plus importantes émissions sont associées aux opérations de gestion des animaux en espaces clos, où l'on traite le fumier à l'aide de systèmes liquides. Les émissions d'oxyde nitreux imputables à la gestion du fumier varient beaucoup entre les types de systèmes de gestion ; on a aussi des émissions indirectes dues à d'autres formes de pertes d'azote dans ces systèmes. Le calcul des pertes d'azote dues aux systèmes de gestion du fumier est également une étape importante pour déterminer la quantité d'azote qui existera, au bout du compte, dans le fumier appliqué aux sols gérés, ou utilisé comme alimentation, combustible ou pour la construction. Ces émissions sont calculées à la section 11.2 du chapitre 11 (*Émissions de N₂O des sols gérés*).

Les méthodes d'estimation des émissions de CH₄ et de N₂O imputables au bétail requièrent que l'on définisse des sous-catégories de bétail, que l'on connaisse les populations annuelles et, pour les méthodes de niveau plus élevé, la consommation d'alimentation et ses caractéristiques. Les procédures employées pour définir les sous-catégories de bétail, pour développer des données sur la population et pour caractériser l'alimentation sont décrites à la section 10.2 (*Caractérisation du bétail et de son alimentation*). Des suggestions de coefficients de digestibilité pour diverses catégories de bétail sont émises, permettant d'obtenir l'estimation de la consommation d'alimentation nécessaire aux calculs d'émissions dues à des sources entériques et au fumier. La section 10.2 présente une caractérisation coordonnée du bétail et devra être utilisée à des fins de cohérence dans les catégories de sources suivantes :

- Section 10.3 – émissions de CH₄ dues à la fermentation entérique ;
- Section 10.4 – émissions de CH₄ dues à la gestion du fumier ;
- Section 10.5 – émissions de N₂O dues à la gestion du fumier (directes et indirectes) ;
- Section 11.2 (chapitre 11) – émissions de N₂O dues aux sols gérés (directes et indirectes).

10.2 CARACTÉRISATION DU BÉTAIL ET DE SON ALIMENTATION

10.2.1 Étapes de définition des catégories et sous-catégories de bétail

Conformément aux *bonnes pratiques*, on identifiera une méthode appropriée pour estimer les émissions de chaque catégorie de source, et on basera la caractérisation sur les exigences les plus précises possibles de chaque espèce de bétail. La caractérisation du bétail utilisée par chaque pays devra probablement être modifiée au fur et à mesure de l'évaluation des besoins de chaque catégorie de source lors du processus d'estimation des émissions (voir la figure 10.1, *Diagramme décisionnel de caractérisation du bétail*). Les étapes sont les suivantes :

- **Identifier les espèces de bétail applicables à toutes les émissions de catégories de source :** Les espèces de bétail qui contribuent à plus d'une catégorie de sources d'émissions devront être incluses de manière prioritaire. En général, il s'agit des espèces suivantes : bovins, buffles, moutons, chèvres, suidés, chevaux, chameaux, mules/ânes et volaille.

- **Revoir la méthode d'estimation des émissions pour toutes les catégories de source pertinentes :** Pour les catégories de source relatives à la fermentation entérique et à la gestion du fumier, identifier les méthodes d'estimation des émissions pour toutes les espèces de la catégorie de source. Par exemple, les émissions dues à la fermentation entérique des bovins, buffles et moutons devront être étudiées pour évaluer si la tendance ou le niveau des émissions exigent une estimation des émissions de niveau 2 ou 3. De même, les émissions de méthane dues à la gestion du fumier des bovins, buffles, suidés et de la volaille devront être examinées afin de déterminer s'il est plus approprié d'utiliser un niveau 2 ou 3 pour l'estimation des émissions. On pourra utiliser des estimations d'inventaire déjà existantes pour mener cette évaluation. Si le pays n'a jamais élaboré d'inventaire jusqu'à présent, il lui faudra faire des estimations des émissions de niveau 1 afin d'obtenir des estimations permettant de mener l'évaluation. Le chapitre 4 du volume 1 (*Choix méthodologique et identification des catégories clé*) fournit des recommandations sur les questions générales relatives au choix méthodologique.
- **Identifier la caractérisation la plus précise requise pour chaque espèce de bétail :** En fonction des évaluations sur chaque espèce de chaque catégorie de source, identifier la caractérisation la plus précise nécessaire pour estimer toutes les émissions de toutes les espèces. En général, la caractérisation « de base » pourra être utilisée dans toutes les catégories de source pertinentes si la fermentation entérique et les sources de fumier sont estimées à l'aide de méthodes de niveau 1. Il faudra utiliser une caractérisation « avancée » pour estimer les émissions de toutes les sources pertinentes si la méthode de niveau 2 est utilisée soit pour la fermentation entérique soit pour le fumier.

10.2.2 Choix de la méthode

NIVEAU 1 : CARACTERISATION DE BASE DES POPULATIONS DE BETAIL

La caractérisation de base, au niveau 1, sera probablement suffisante pour la plupart des espèces animales de la plupart des pays. À cette approche, les *bonnes pratiques* exigent que l'on collecte les données de caractérisation du bétail suivantes, qui serviront aux estimations d'émissions :

Espèces et catégories de bétail : Il faudra dresser la liste complète de toutes les populations de bétail ayant des valeurs de facteurs d'émissions par défaut (par exemple, vaches laitières, autres bovins, buffles, moutons, chèvres, chameaux, lamas, alpacas, cervidés, chevaux, lapins, mules et ânes, suidés et volaille) si ces catégories sont considérées comme pertinentes au pays. On utilisera des catégories plus précises si l'on dispose des données nécessaires. Par exemple, on pourra avoir des estimations d'émissions plus exactes en subdivisant les populations de volaille (par exemple, poules pondeuses, poulets, dindes, canards et autres volailles), car leurs déchets présentent des caractéristiques très différentes.

Population annuelle : Si possible, les compilateurs d'inventaires devront utiliser des données sur la population tirées de statistiques nationales officielles ou de sources industrielles. Si l'on ne dispose pas de données nationales, on pourra se servir des données de la FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture). Les naissances ou abattages saisonniers pourront faire augmenter ou diminuer la population de bétail à différentes périodes de l'année ; en conséquence il faudra ajuster les chiffres correspondant à la population. Il est important de bien documenter la méthode utilisée pour estimer la population annuelle, y compris tous les ajustements effectués sur les données originales de population reçues d'agences statistiques nationales ou d'autres sources.

Les populations annuelles moyennes sont estimées de différentes façons, en fonction des données disponibles et de la nature de la population animale. Lorsqu'on a une population animale statique (par exemple, vaches laitières, cochons d'élevage, poules pondeuses), l'estimation de la population annuelle moyenne pourra être simplement effectuée en obtenant des données d'un inventaire des animaux unique. Néanmoins, l'estimation des populations annuelles moyennes d'une population en croissance (par exemple, les animaux à viande, comme les poulets, les dindes, les bovins à viande et les cochons de marché) requerra une évaluation plus fine. La plupart des animaux de ces populations en croissance ne sont vivants que pendant une partie de l'année. Les animaux devront être inclus dans les populations qu'ils aient été abattus pour la consommation humaine ou qu'ils soient morts naturellement. L'équation 10.1 permet d'estimer la moyenne annuelle de population de bétail.

ÉQUATION 10.1
POPULATION ANNUELLE MOYENNE

$$PAM = \text{Jours_vivants} \bullet \left(\frac{NAPA}{365} \right)$$

Où :

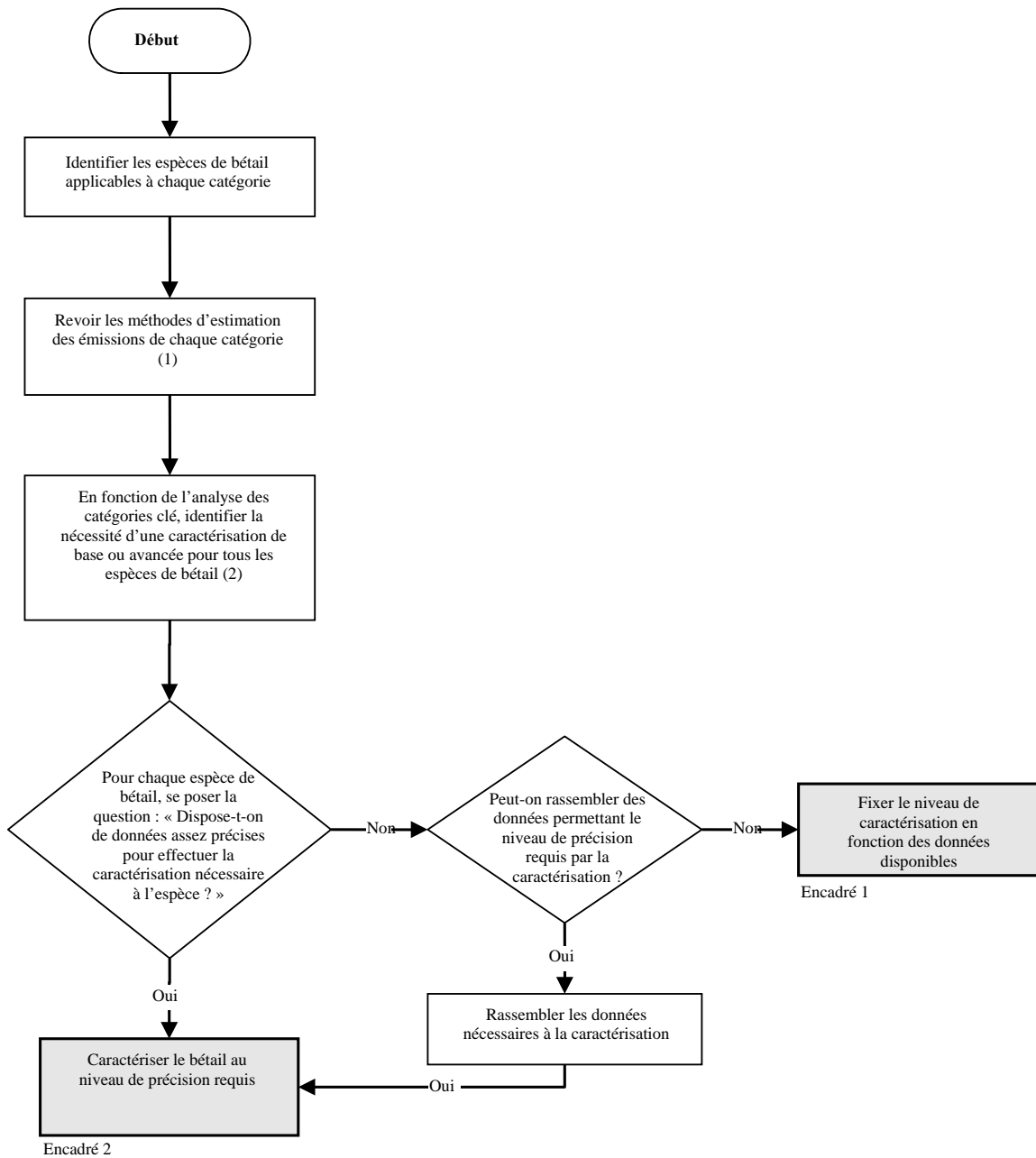
PAM = population annuelle moyenne

NAPA = nombre d'animaux produits annuellement

En général, les poulets sont élevés 60 jours avant d'être abattus. Estimer la population annuelle moyenne en tant que nombre d'oiseaux élevés et abattus au cours d'une année reviendrait à beaucoup surestimer la population, car on supposerait alors que les oiseaux vivent pendant l'équivalent de 365 jours. Il faudra au contraire estimer la population annuelle moyenne en tant que nombre d'animaux élevés divisé par le nombre de cycles de croissance par an. Par exemple, si les poulets sont généralement élevés en troupeaux pendant 60 jours, on pourrait avoir environ 6 troupeaux de poulets pendant une période d'un an. En conséquence, pour un élevage de 60 000 poulets par an, la population annuelle moyenne de poulets est de 9 863. Dans cet exemple, l'équation est alors :

$$\text{Population annuelle moyenne} = 60 \text{ jours} \bullet 60\,000 / 365 \text{ jours / an} = 9\,863 \text{ poulets}$$

Figure 10.1 Diagramme décisionnel de caractérisation du bétail



Notes :

- (1) Ces catégories incluent : émissions de CH₄ dues à la fermentation entérique, émissions de CH₄ dues à la gestion du fumier, et émissions de N₂O dues à la gestion du fumier
- (2) Lire le chapitre 4 du volume 1 (*Choix méthodologique – Identification des catégories clés*) et particulièrement la section 4.1.2 traitant des ressources limitées, pour une discussion des catégories clés et de l'emploi des diagrammes décisionnels.

Vaches laitières et production de lait : La population de vaches laitières est estimée séparément des autres bovins (voir tableau 10.1). Les vaches laitières sont définies ici comme des vaches matures qui produisent du lait en quantités commerciales pour la consommation humaine. Cette définition correspond à celle des vaches laitières de l'*Annuaire de la production* de la FAO. Dans certains pays, la population de vaches laitières se compose de deux segments bien définis : (i) races à forte productivité (également nommées « améliorées ») servant à des opérations commerciales ; et (ii) races à faible productivité gérées de manière traditionnelle. Ces deux segments peuvent être combinés, ou évalués séparément en définissant deux catégories de vaches laitières. Toutefois la catégorie vaches laitières n'inclut pas les vaches élevées principalement pour produire des veaux à viande ou pour leur force de tirage. Les vaches à faible productivité utilisées à plusieurs fins devront être considérées dans la catégorie *Autres bovins*.

Les bufflonnes laitières pourront être catégorisées comme des vaches laitières.

Il faudra aussi disposer de données sur la production moyenne de lait des vaches laitières. Les données sur la production de lait sont utilisées lors de l'estimation du facteur d'émissions pour la fermentation entérique à l'aide de la méthode de niveau 2. S'il est préférable de disposer de sources de données spécifiques au pays, on pourra aussi utiliser les données de la FAO. Ces données sont exprimées en termes de kilogrammes de lait frais entier produit par an et par vache laitière. Si l'on a défini deux catégories de vaches laitières ou plus, il faudra disposer de la production de lait moyenne par vache et par catégorie.

NIVEAU 2 : CARACTERISATION AVANCEE DU BETAIL

Au niveau 2, la caractérisation du bétail nécessite qu'on dispose d'informations précises :

- Des définitions des sous-catégories de bétail ;
- La population de bétail par sous-catégories, en prenant en compte l'estimation de la population annuelle comme au niveau 1 ; et
- La consommation d'alimentation par animal pour chaque sous-catégorie.

Les sous-catégories de bétail sont définies de manière à créer des sous-groupes relativement homogènes d'animaux. Diviser ainsi la population en sous-catégories permettra de refléter les variations spécifiques au pays en matière de structure des âges et de performances des animaux parmi la population de bétail générale.

La méthodologie de caractérisation de niveau 2 cherche à définir les animaux, la productivité animale, la qualité de l'alimentation et les techniques de gestion afin d'obtenir des estimations plus exactes de la consommation d'alimentation à utiliser lors de l'estimation de la production de méthane due à la fermentation entérique. Ces mêmes estimations de consommation d'alimentation devront être utilisées pour obtenir des estimations harmonisées des taux d'excrétion d'azote et du fumier afin d'améliorer l'exactitude et la cohérence des estimations des émissions de CH₄ et de N₂O dues à la gestion du fumier.

Définitions des sous-catégories de bétail

Conformément aux *bonnes pratiques*, on classera la population de bétail en sous-catégories pour toutes les espèces, en fonction de l'âge, du type de production et du sexe. Les catégories de bétail représentatives sont présentées au tableau 10.1. D'autres sous-catégories sont également possibles :

- Les populations de buffles et de bovins devront être classées en au moins trois grandes sous-catégories : bovines laitières matures, autres bovins matures, et bovins en croissance. On pourra classer les sous-catégories plus finement encore en fonction des caractéristiques de l'alimentation ou des espèces animales, selon le niveau de précision de la méthode d'estimation des émissions choisie. Par exemple, les bovins en croissance/en cours d'engraissement pourront être classés en subdivisions entre les bovins dont l'alimentation est riche en céréales et qui vivent dans des enclos abrités de la pluie, et les bovins élevés et finissant leur vie uniquement dans des pâturages.
- On pourra employer des subdivisions similaires à celles des bovins et des buffles pour mieux séparer les populations de moutons et créer des sous-catégories aux caractéristiques relativement homogènes. Par exemple, les agneaux en croissance pourront être séparés entre les agneaux finissant leur vie en pacage et les agneaux finissant leur vie en parc d'engraissement. Les troupeaux de chèvres pourront être classés de la même façon.
- Les sous-catégories de suidés pourront être séparées en fonction des conditions de production. Par exemple, les cochons en croissance pourront être subdivisés entre les cochons en croissance vivant dans des établissements de production intensive, et les cochons élevés en liberté.
- Les sous-catégories de volaille pourront être séparées en fonction des conditions de production. Par exemple, la volaille pourra être divisée en fonction de l'existence de production en batterie ou fermière.

Pour les pays les plus vastes ou présentant des différences régionales importantes, il pourra être utile de définir des régions puis de créer des catégories à l'intérieur de ces régions. Toute subdivision régionale pourra être utilisée pour représenter les différences relatives au climat, aux systèmes alimentaires, à l'alimentation et à la gestion du fumier. Néanmoins cette ségrégation plus fine ne sera utile que si l'on dispose de données précises correspondantes sur l'alimentation et les systèmes de gestion du fumier au niveau de ces catégories de bétail.

TABLEAU 10.1 CATEGORIES DE BETAIL REPRESENTATIVES^{1,2}	
Principales catégories	Sous-catégories
Vaches ou bufflonnes laitières matures	<ul style="list-style-type: none"> • Vaches à forte production ayant eu au moins un veau et utilisées principalement pour la production de lait • Vaches à faible production ayant eu au moins un veau et utilisées principalement pour la production de lait
Autres bovins matures ou buffles non laitiers matures	Femelles : <ul style="list-style-type: none"> • Vaches utilisées pour la production de progéniture destinée à la viande • Vaches utilisées à plusieurs fins de production : lait, viande, force de tirage. Mâles : <ul style="list-style-type: none"> • Taureaux utilisés principalement pour la reproduction • Bœufs utilisés principalement pour la force de tirage
Bovins ou buffles en croissance	<ul style="list-style-type: none"> • Veaux pré-sevrage • Génisses laitières de remplacement • Bovins en croissance/engraissement ou buffles post-sevrage • Bovins élevés en parcs d'engraissement dont l'alimentation > 90 % de concentrés
Brebis matures	<ul style="list-style-type: none"> • Brebis de reproduction destinées à la progéniture et à la production de laine • Brebis à lait élevées principalement pour la production de lait commerciale
Autres moutons matures (> 1 an)	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de sous-catégories supplémentaires recommandées
Agneaux en croissance	<ul style="list-style-type: none"> • Mâles non châtrés • Châtrés • Femelles
Suidés matures	<ul style="list-style-type: none"> • Truies en gestation • Truies qui ont mis bas et ont des petits • Verrats utilisés à des fins de reproduction
Suidés en croissance	<ul style="list-style-type: none"> • Élevage • Fin de vie • Cochettes destinées à la reproduction • Verrats en croissance destinés à la reproduction
Poules	<ul style="list-style-type: none"> • Poulets destinés à la production de viande • Poules pondeuses destinées à la production d'œufs, et dont le fumier est géré en systèmes secs (par exemple poulaillers en hauteur) • Poules pondeuses destinées à la production d'œufs, et dont le fumier est géré en systèmes humides (par exemple, bassins) • Poules et poulets fermiers destinés à la production d'œufs ou de viande
Dindes	<ul style="list-style-type: none"> • Dindes de reproduction vivant en systèmes fermés • Dindes élevées pour la production de viande en systèmes fermés • Dindes fermières destinées à la production de viande
Canards	<ul style="list-style-type: none"> • Canards de reproduction • Canards destinés à la production de viande
Autres (par exemple)	<ul style="list-style-type: none"> • Chameaux • Mules et ânes • Lamas, alpacas • Animaux à fourrure • Lapins • Chevaux • Cervidés • Autruches • Oies
1 Source : Groupe d'experts GIEC 2 Les émissions ne sont à prendre en compte que pour les espèces de bétail utilisées pour produire de l'alimentation, du fourrage ou de la matière première à des fins industrielles.	

On devra disposer des informations suivantes sur toutes les catégories d'animaux représentatives définies :

- population annuelle moyenne (nombre de têtes de bétail ou de volaille selon les calculs de niveau 1) ;
- consommation d'alimentation quotidienne moyenne (mégajoules (MJ) par jour et/ou kg par jour de matière sèche) ; et
- facteur de conversion du méthane (pourcentage d'énergie alimentaire converti en méthane).

En général, les données relatives à la consommation quotidienne moyenne ne sont pas disponibles, notamment pour le bétail de pâturage. En conséquence, pour estimer la consommation d'alimentation des catégories représentatives d'animaux, il faudra rassembler les données générales suivantes :

- poids (kg) ;
- gain moyen de poids par jour (kg)¹ ;
- conditions alimentaires : espaces clos, pâturages, parcours ;
- production laitière par jour (kg/jour) et teneur en matières grasses (%)² ;
- quantité moyenne de travail effectué par jour (heures par jour⁻¹) ;
- pourcentage de femelles mettant bas par an³ ;
- pousse de la laine ;
- quantité de progéniture ; et
- digestibilité de l'alimentation (%).

Estimations de la consommation d'alimentation

Au niveau 2, on devra connaître la consommation d'alimentation d'un animal représentatif pour toutes les sous-catégories, afin d'estimer les émissions. La consommation d'alimentation est généralement mesurée en termes d'énergie brute (par exemple mégajoules (MJ) par jour) ou de matière sèche (par exemple kilogrammes (kg) par jour). La matière sèche est la quantité d'alimentation consommée (kg) après correction relative à la teneur en eau du régime complet. Par exemple, la consommation de 10 kg d'un régime alimentaire contient 70 % de matière sèche : on a donc une consommation de matière sèche de 7 kg. Pour la méthode de niveau 2 sur la fermentation entérique des bovins, buffles et moutons (voir section 10.3), des données et des équations précises permettant d'estimer la consommation d'alimentation sont incluses (voir recommandations ci-dessous). Les valeurs constantes des équations ont été combinées de manière à simplifier les formats généraux des équations. Le reste de la présente sous-section présente les données dont on aura généralement besoin et les équations employées pour estimer la consommation d'alimentation des bovins, buffles et moutons. La consommation d'alimentation des autres espèces pourra être estimée à l'aide de méthodes spécifiques au pays similaires et appropriées.

Les *bonnes pratiques* relatives aux estimations de la consommation d'alimentation sont :

- Collecte de données permettant de décrire le régime alimentaire typique de l'animal pour chaque sous-catégorie ;
- Estimation de la consommation d'alimentation par rapport aux performances de l'animal et aux données sur son régime alimentaire, pour chaque sous-catégorie.

Dans certains cas, les équations pourront être appliquées de manière saisonnière, par exemple lorsque le bétail prend du poids à une saison et le perd à une autre. Cette approche pourra signifier qu'il faudra élaborer une méthodologie plus fine, de niveau 2, voire plus complexe (de type niveau 3).

Les données suivantes, sur les performances animales, sont requises pour toutes les sous-catégories animales afin d'estimer leur consommation d'alimentation :

- **Poids (P), kg :** Données correspondant au poids de l'animal vivant pour chaque sous-catégorie animale. Chercher à effectuer un recensement exhaustif de tous les poids vifs serait irréaliste ; il faudra obtenir les données correspondant au poids vif à partir d'études d'échantillons représentatifs ou de bases de données statistiques, le cas échéant. Il sera utile de comparer les données sur le poids vif aux données sur le poids

¹ On pourra l'estimer nul pour les animaux matures.

² Les données relatives à la production de lait sont requises pour les animaux laitiers. Elles pourront être estimées pour les animaux non laitiers nourrissant leurs petits, si des données existent.

³ Ne concerne que les femelles matures.

carcasse afin de vérifier si les données sur le poids vif sont représentatives des conditions du pays. Néanmoins, les données sur le poids carcasse ne devront pas être utilisées à la place de données sur le poids vif car elles ne représentent pas le poids complet de l'animal. En outre, il faudra savoir que la relation entre le poids vif et le poids carcasse varie en fonction de la race et de l'état du corps. Pour les bovins, buffles et moutons matures, il faudra disposer du poids annuel moyen de chaque catégorie animale (par exemple, vaches à viande matures). Pour les jeunes moutons, il faudra disposer du poids à la naissance, au sevrage, à un an ou du poids carcasse s'ils sont abattus avant un an.

- **Gain moyen de poids par jour (GP), kg par jour⁻¹** : D'ordinaire, on rassemble les données correspondant aux gains moyens de poids des animaux de parcs d'engraissement et des jeunes animaux en croissance. On suppose en général que les animaux matures ne perdent ni ne prennent de poids pendant l'année. Les animaux matures perdent souvent du poids pendant la saison sèche ou lors de températures extrêmes, et prennent du poids pendant la saison suivante. Néanmoins les émissions associées à ces changements de poids augmenteront probablement peu. La réduction des émissions et absorptions associée à la perte de poids s'équilibre largement avec l'augmentation des émissions et absorptions des périodes de surpoids.
- **Poids mature (PM), kg** : Il faudra disposer du poids mature d'un animal adulte d'un groupe inventorié de manière à définir un schéma de croissance, y compris alimentation et énergie nécessaire à la croissance. Par exemple, le poids mature d'une race ou catégorie de bovins ou buffles sera généralement considéré comme le poids corporel au moment du développement complet du squelette. Le poids mature variera en fonction des races et devrait refléter le poids de l'animal dans des conditions corporelles modérées. Ce poids est nommé « poids de référence » (ACC, 1990) ou « poids final corporel contracté » (NRC, 1996). En général, on pourra obtenir des estimations des poids matures auprès de spécialistes du bétail et de producteurs.
- **Nombre moyen d'heures de travail par jour** : Pour les animaux utilisés pour leur force, il faudra déterminer le nombre moyen d'heures de travail par jour.
- **Conditions alimentaires** : Les conditions alimentaires représentant actuellement le mieux la sous-catégorie animale devront être déterminées à l'aide des définitions indiquées ci-dessous (tableau 10.5). Si les conditions alimentaires se trouvent entre les définitions, il faudra les décrire précisément. On pourra avoir besoin de ces informations précises lors du calcul des émissions dues à la fermentation entérique, car on pourra devoir interpoler entre les régimes alimentaires de manière à attribuer un coefficient plus approprié. Le tableau 10.5 présente les régimes alimentaires des bovins, buffles et moutons. Pour la volaille et les suidés, on suppose que les conditions alimentaires sont en systèmes fermés, en conséquence on suppose que le coefficient d'activité (C_a) est nul car dans ces conditions les animaux dépensent très peu d'énergie pour se nourrir. Les coefficients d'activités n'ont pas été développés pour les suidés ou la volaille fermiers, mais en général ces sous-catégories de bétail représentent une faible proportion de l'inventaire national.
- **Température hivernale moyenne (°C)** : Les modèles de consommation d'alimentation les plus précis prennent en compte la température ambiante, la vitesse du vent, l'isolation fournie par le poil ou les tissus, et la chaleur de la fermentation (NRC, 2001 ; AAC, 1990) ; ils seront sans doute plus appropriés pour les applications de niveau 3. De manière plus générale, on suggère, à partir de données nord-américaines, d'ajuster le terme C_{fi} de l'équation 10.3 afin de prendre en compte les exigences de survie des bovins nourris en plein air dans les climats plus froids, suivant l'équation suivante (Johnson, 1986) :

ÉQUATION 10.2
COEFFICIENT PERMETTANT DE CALCULER L'ÉNERGIE NETTE NÉCESSAIRE À LA SURVIE

$$C_{fi}(\text{froid}) = C_{fi} + 0,0048 \cdot (20 - ^\circ C)$$

Où :

C_{fi} = coefficient variant pour toutes les catégories d'animaux présentées au tableau 10.4 (Coefficients de calcul de NE_m), MJ jour⁻¹ kg⁻¹

°C = température quotidienne moyenne pendant l'hiver

Étant donnée la température moyenne hivernale au nord de l'Amérique du nord, l'énergie nette requise pour la survie (EN_s) pourra connaître une augmentation allant jusqu'à 30 %. Cette augmentation de l'utilisation de l'alimentation sera également certainement associée à un accroissement des émissions de méthane.

- **Production moyenne quotidienne de lait (kg jour⁻¹)** : Ces données concernent les brebis, vaches et bufflonnes laitières. La production quotidienne moyenne devra être calculée en divisant la production annuelle totale par 365, ou présentée comme production quotidienne moyenne avec le nombre de jours de lactation par an, ou encore estimée à l'aide de données sur la production saisonnière divisées par le nombre de jours par saison. Dans le cas de données sur la production saisonnière, il faudra développer un facteur

d'émissions pour cette période saisonnière.

- **Teneur en matières grasses (%) :** La teneur en matières grasses moyenne du lait sera nécessaire pour les vaches, bufflonnes et brebis laitières produisant du lait pour la consommation humaine.
- **Pourcentage de femelles mettant bas par an :** Ces données sont rassemblées uniquement pour les bovines, bufflonnes et brebis matures.
- **Quantité de progéniture produite par an :** Ces données sont pertinentes pour le bétail femelle mettant bas plusieurs fois par an (par exemple, brebis).
- **Digestibilité de l'alimentation (DA %) :** La part d'énergie brute (EB) de l'alimentation non excrétée dans les matières fécales est connue sous le nom d'alimentation digestible. La digestibilité alimentaire s'exprime généralement sous forme de pourcentage (%) d'EB ou du TND (total de nutriments digestibles). Le pourcentage d'alimentation non digéré représente le % de matière sèche ingérée qui sera excrété dans la matière fécale. Le tableau 10.2 présente des valeurs types de digestibilité pour diverses classes de bétail et types de régimes alimentaires, à utiliser comme lignes directrices. Les plages habituelles de digestibilité des aliments par les ruminants tournent autour de 45 à 55 % pour les sous-produits de récoltes et les parcours ; 55 à 75 % pour les bons pâturages, les fourrages bien préservés et les céréales complétées de fourrages ; et 75 à 85 % pour les régimes céréaliers données en parcs d'engraissement. Les différences relatives à la digestibilité des aliments entraînent d'importantes variations quant à l'estimation des besoins en alimentation des animaux, et par conséquent des émissions de méthane associées et de la quantité de fumier excrétée. Il faut également noter que la digestibilité, la consommation et la croissance sont interdépendantes. Par exemple, une faible digestibilité entraînera une consommation moindre d'alimentation et donc une croissance réduite. À l'inverse, la nourriture plus facile à digérer entraînera souvent une plus grande consommation et donc une croissance plus forte. Une erreur de 10 % lors de l'estimation de la DA passera à 12 à 20 % lorsqu'on estimera les émissions de méthane, voire plus (20 à 45 %) pour l'excrétion de fumier (solides volatils).

Les données sur la digestibilité devront se baser sur des valeurs mesurées pour l'alimentation ou le fourrage principaux consommés par le bétail, en prenant en compte les variations saisonnières. En général, la digestibilité du fourrage décroît avec la maturité et reste normalement au plus bas pendant la saison sèche. Puisqu'ils varient beaucoup, les coefficients de digestibilité devront être tirés autant que possible de données scientifiques locales. S'il semble irréaliste d'effectuer un recensement exhaustif de la digestibilité, il faudra au minimum consulter des données sur la digestibilité tirées de recherches. Si possible, il faudra noter les caractéristiques de l'alimentation associée aux données sur la digestibilité, comme les valeurs mesurées de la fibre détergente neutre (FDN), de la fibre détergente acide (FDA), de la valeur protéique brute et la présence éventuelle de facteurs antinutritionnels (par exemple alcaloïdes, dérivés phénoliques, % de cendre). La FDN et la FDA sont des caractéristiques alimentaires mesurées en laboratoire et utilisées pour indiquer la valeur nutritive des aliments du bétail ruminant. Déterminer ces valeurs pourra permettre de prédire la DA, comme précisé dans le récent NRC laitier (2001). La concentration de valeur protéique brute dans l'alimentation peut être utilisée pour estimer l'excrétion d'azote (section 10.5.2).

- **Production annuelle moyenne de laine par mouton (kg an⁻¹) :** Il faudra connaître la quantité de laine produite en kilogrammes (après le séchage mais avant le dégorgeage) afin d'estimer la quantité d'énergie attribuée à la production de laine.

TABLEAU 10.2 DIGESTIBILITE ALIMENTAIRE REPRESENTATIVE POUR DIVERSES CATEGORIES DE BETAIL		
Grandes catégories	Classe	Digestibilité (DA %)
Suidés	<ul style="list-style-type: none"> • Suidés matures – systèmes fermés • Suidés croissants – systèmes fermés • Suidés fermiers 	<ul style="list-style-type: none"> • 70 – 80 % • 80 – 90 % • 50 – 70 % ¹
Bovins et autres ruminants	<ul style="list-style-type: none"> • Animaux de parcs d’engraissement dont le régime alimentaire est > 90 % concentré • Animaux se nourrissant en pâturages • Animaux nourris avec du fourrage de piètre qualité 	<ul style="list-style-type: none"> • 75 – 85 % • 55 – 75 % • 45 – 55 %
Volaille	<ul style="list-style-type: none"> • Poulets – systèmes fermés • Poules pondeuses – systèmes fermés • volaille fermière • Dindes – systèmes fermés • Oies – systèmes fermés 	<ul style="list-style-type: none"> • 85 – 93 % • 70 – 80 % • 55 – 90 % ¹ • 85 – 93 % • 80 – 90 %
<p><small>¹ La plage de digestibilité de l'alimentation consommée par les cochons et la volaille fermiers est extrêmement variable en raison de la nature sélective de ce type de régime alimentaire. Il est probable que la quantité de fumier produite par ces classes sera souvent limitée par la quantité d'aliments disponible à la consommation, plutôt que par son degré de digestibilité. Dans les cas où l'alimentation n'est pas limitée et provient de sources alimentaires de grande qualité disponibles à la consommation, la digestibilité pourra présenter des valeurs similaires à celles mesurées dans des systèmes fermés.</small></p>		

Calcul de l'énergie brute

Les performances animales et les données sur les régimes alimentaires sont utilisées pour estimer la consommation d'alimentation, qui est représentée par la quantité d'énergie (MJ/jour) nécessaire à un animal pour survivre et subvenir à des activités comme la croissance, la lactation et la gestation. Selon les *bonnes pratiques*, les compilateurs d'inventaires ayant bien documenté et élaboré des méthodes spécifiques au pays d'estimation de la consommation basées sur des données relatives aux performances animales devront les employer. La section suivante fournit des méthodes d'estimation de la consommation d'énergie brute pour les principales catégories de ruminants parmi les bovins, buffles et moutons. Les équations présentées au tableau 10.3 sont utilisées pour dériver cette estimation. Si l'on ne dispose pas de méthodes spécifiques au pays, on devra calculer la consommation à l'aide des équations du tableau 10.3. Le tableau présente des équations séparées permettant d'estimer les besoins énergétiques nets des moutons et des bovins et buffles. On utilise ces équations pour calculer l'EB comme suit :

TABLEAU 10.3 RESUME DES EQUATIONS UTILISEES POUR L'ESTIMATION DE LA CONSOMMATION ENERGETIQUE QUOTIDIENNE BRUTE DES BOVINS, BUFFLES ET MOUTONS		
Fonctions métaboliques et autres estimations	Équations pour les bovins et les buffles	Équations pour les moutons
Survie (EN _s)	Équation 10.3	Équation 10.3
Activités (EN _a)	Équation 10.4	Équation 10.5
Croissance (EN _{Cce})	Équation 10.6	Équation 10.7
Lactation (EN _l)*	Équation 10.8	Équations 10.9 et 10.10
Force de tirage (EN _{travail})	Équation 10.11	SO
Production de laine (EN _{laine})	SO	Équation 10.12
Gestation (EN _g)*	Équation 10.13	Équation 10.13
Taux d'énergie nette dans l'alimentation, disponible à la survie par rapport à l'énergie digestible consommée (TES)	Équation 10.14	Équation 10.14
Taux d'énergie nette dans l'alimentation, disponible à la croissance par rapport à l'énergie digestible consommée (TEC)	Équation 10.15	Équation 10.15
Énergie brute	Équation 10.16	Équation 10.16

Source : équations pour les bovins et aux buffles : RC (1996) ; moutons : AFRC (1993).
SO signifie sans objet.
* S'applique uniquement à la proportion de femelles qui mettent bas.

Énergie nette nécessaire à la survie : (EN_s) est l'énergie nette nécessaire à la survie, qui est la quantité d'énergie nécessaire pour maintenir l'animal à l'équilibre, c'est-à-dire que le corps ne perd ni ne gagne d'énergie (Jurgen, 1988).

<p>ÉQUATION 10.3 ÉNERGIE NETTE NECESSAIRE A LA SURVIE</p> $EN_s = Cf_i \bullet (poids)^{0,75}$
--

Où :

EN_s = énergie nette requise par l'animal pour sa survie, MJ jour⁻¹

Cf_i = coefficient variant pour toutes les catégories d'animaux présentées au tableau 10.4 (*Coefficients de calcul de NE_m*), MJ jour⁻¹ kg⁻¹

Poids = poids vif de l'animal, kg

Énergie nette nécessaire aux activités : (EN_a) est l'énergie nette nécessaire aux activités, soit l'énergie dont les animaux ont besoin pour se nourrir, boire et s'abriter. Elle se base sur les conditions alimentaires plutôt que sur les caractéristiques de l'alimentation en soi. Comme l'explique le tableau 10.3, l'équation permettant d'estimer l'EN_a des bovins et des buffles est différente de celle qu'on utilise pour les moutons. Toutefois les deux équations sont empiriques et définissent le coefficient C_a de manière différente.

<p>ÉQUATION 10.4 ÉNERGIE NETTE NECESSAIRE AUX ACTIVITES (BOVINS ET BUFFLES)</p> $EN_a = C_a \bullet EN_s$

Où :

EN_a = énergie nette nécessaire aux activités de l'animal, MJ jour⁻¹

C_a = coefficient correspondant aux conditions alimentaires de l'animal (voir tableau 10.5, coefficients d'activités)

EN_s = énergie nette requise par l'animal pour sa survie, MJ jour⁻¹ (équation 10.3)

ÉQUATION 10.5
ÉNERGIE NETTE NECESSAIRE AUX ACTIVITES (MOUTONS)

$$EN_a = C_a \bullet (\text{poids})$$

Où :

EN_a = énergie nette nécessaire aux activités de l'animal, MJ jour⁻¹

C_a = coefficient correspondant aux conditions alimentaires de l'animal (voir tableau 10.5)

Poids = poids vif de l'animal, kg

Aux équations 10.4 et 10.5, le coefficient C_a correspond à des conditions alimentaires représentatives pour l'animal, comme décrit ci-dessus. Les valeurs de C_a sont présentées au tableau 10.5. Si l'on a un mélange de ces conditions alimentaires au cours de l'année, il faudra alors pondérer EN_a en fonction des données.

TABLEAU 10.4 COEFFICIENT PERMETTANT DE CALCULER L'ENERGIE NETTE NECESSAIRE A LA SURVIE (EN_s)		
Catégorie animale	C_f (MJ jr ⁻¹ kg ⁻¹)	Observations
Bovins/Bufles – (vaches hors période de lactation)	0,322	
Bovins/Bufles – (vaches en lactation)	0,386	Cette valeur est supérieure de 20 % en raison des besoins supplémentaires pendant la lactation
Bovins/Bufles (taureaux)	0,370	Cette valeur est supérieure de 15 % en raison des besoins des mâles non châtrés
Moutons (agneaux jusqu'à un an)	0,236	Cette valeur peut être accrue de 15 % pour les mâles non châtrés
Moutons (de plus d'un an)	0,217	Cette valeur peut être accrue de 15 % pour les mâles non châtrés
Source : NRC (1996) et AFRC (1993).		

TABLEAU 10.5 COEFFICIENT D'ACTIVITES CORRESPONDANT AUX CONDITIONS ALIMENTAIRES DE L'ANIMAL		
Conditions	Définition	C_a
Bovins et buffles (C_a est adimensionnel)		
Étable	Les animaux sont restreints à des lieux petits (ils sont attachés dans un enclos ou une grange) et dépensent très peu voire pas d'énergie pour se nourrir.	0,00
Pâturage	Les animaux sont restreints à des zones présentant un fourrage suffisant et dépensent une énergie moyenne pour se nourrir.	0,17
Grand pâturage libre	Les animaux paissent dans des parcours libres ou des sur des terres escarpées et dépensent une énergie considérable pour se nourrir.	0,36
Moutons (unité de $C_a = \text{MJ jr}^{-1} \text{ kg}^{-1}$)		
Brebis en enclos	Les animaux sont enfermés pour raison de gestation pendant le dernier trimestre (50 jours).	0,0090
Pâturage plat	Les animaux font 1000 mètres par jour maximum et dépensent très peu d'énergie pour se nourrir.	0,0107
Pâturage escarpé	Les animaux font 5 000 mètres par jour maximum et dépensent une énergie considérable pour se nourrir.	0,0240
Agneaux d'engraissement enfermés	Les animaux sont enfermés à des fins d'engraissement.	0,0067
Source : NRC (1996) et AFRC (1993).		

Énergie nette nécessaire à la croissance : (EN_{Cce}) est l'énergie nette nécessaire à la croissance (soit la prise de poids). L'équation 10.6 se base sur NRC (1996), tandis que l'équation 10.7 se base sur Gibbs *et al.* (2002). Les constantes de conversion des calories en joules et du poids vif en poids mort et contracté ont été incorporées dans l'équation.

<p>ÉQUATION 10.6 ÉNERGIE NETTE NECESSAIRE A LA CROISSANCE (BOVINS ET BUFFLES)</p> $EN_{Cce} = 22,02 \cdot \left(\frac{PV}{C \cdot PM} \right)^{0,75} \cdot PP^{1,097}$

Où :

EN_{Cce} = énergie nette nécessaire à la croissance, MJ jour⁻¹

PV = poids vif moyen (PV) des animaux de la population, kg

C = coefficient de 0,8 pour les femelles, 1,0 pour les châtres et 1,2 pour les taureaux (NRC, 1996)

PM = Poids vif mature de la femelle adulte de conditions corporelles modérées, kg

PP = Prise de poids moyenne par jour des animaux de la population, kg jour⁻¹

<p>ÉQUATION 10.7 ÉNERGIE NETTE NECESSAIRE A LA CROISSANCE (MOUTONS)</p> $EN_{Cce} = \frac{PP_{agneaux} \cdot (a + 0,5b(PV_i + PV_f))}{365}$

Où :

EN_{Cce} = énergie nette nécessaire à la croissance, MJ jour⁻¹

$PP_{agneaux}$ = prise de poids ($PV_f - PV_i$), kg jour⁻¹

PV_i = poids vif au moment du sevrage, kg

PV_f = poids vif à un an ou au moment de l'abattage (poids vif) si l'abattage a lieu avant un an d'âge, kg

a, b = constantes décrites au tableau 10.6.

À noter que les agneaux sont sevrés pendant plusieurs semaines au cours desquelles leur régime laitier est supprimé pour laisser place à un régime de pâturage ou fourni. Le moment du sevrage devra être considéré comme un moment où la moitié de leur énergie provient du lait.

L'équation EN_{Cce} utilisée pour les moutons inclut deux constantes empiriques (a et b) qui varient en fonction des espèces/catégories animales (tableau 10.6).

TABLEAU 10.6 CONSTANTES A UTILISER POUR CALCULER L' EN_{Cce} DES MOUTONS		
Catégorie/espèce animale	a (MJ kg ⁻¹)	b (MJ kg ⁻²)
Mâles non châtrés	2,5	0,35
Châtrés	4,4	0,32
Femelles	2,1	0,45
Source : AFRC (1993).		

Énergie nette nécessaire à la lactation : (EN_l) est l'énergie nette nécessaire à la lactation. Pour les bovins et les buffles, l'énergie nette nécessaire à la lactation s'exprime sous forme de fonction de la quantité de lait produite et de la teneur en matières grasses exprimée en tant que pourcentage (par exemple, 4 %) (NRC, 1989) :

ÉQUATION 10.8
ÉNERGIE NETTE NECESSAIRE A LA LACTATION (VACHES, VACHES LAITIÈRES ET BUFFLONNES)

$$EN_l = \text{lait} \cdot (1,47 + 0,40 \cdot \text{matières}_\text{grasses})$$

Où :

EN_l = énergie nette nécessaire à la lactation, MJ jour⁻¹

Lait = quantité de lait produite, kg de lait jour⁻¹

Matières grasses = teneur en matières grasses du lait, % du poids.

Pour les moutons, deux méthodes d'estimation de l'énergie nette nécessaire à la lactation (EN_l) sont proposées. La première méthode (équation 10.9) est utilisée lorsque la quantité de lait produite est connue ; alors que la seconde (équation 10.8) s'emploie lorsqu'on ne connaît pas la quantité de lait produite. En général, on connaît les chiffres de la production de lait des brebis destinés à la production commerciale, mais pas ceux des brebis qui nourrissent leurs petits jusqu'au sevrage. Quand on connaît la quantité de production de lait, on divise la production annuelle totale de lait par 365 jours pour estimer la production quotidienne moyenne de lait en kg/jour (équation 10.9). Quand on ne connaît pas les chiffres de la production de lait, on utilise l'AFRC (1990) qui indique que pour une seule naissance, le rendement en lait est environ 5 fois la prise de poids de l'agneau. Pour le cas des naissances multiples, la production annuelle totale de lait peut être estimée à 5 fois la prise de poids combinée de tous les agneaux mis au monde par une seule brebis. La production quotidienne moyenne de lait est estimée en divisant le résultat estimé par 365 jours, comme à l'équation 10.10.

ÉQUATION 10.9
ÉNERGIE NETTE NECESSAIRE A LA LACTATION (BREBIS, CHIFFRES DE LA PRODUCTION DE LAIT DISPONIBLES)

$$EN_l = \text{lait} \cdot VE_{\text{lait}}$$

Où :

EN_l = énergie nette nécessaire à la lactation, MJ jour⁻¹

Lait = quantité de lait produit, kg de lait jour⁻¹

VE_{lait} = énergie nette nécessaire à la production d'1 kg de lait. On peut utiliser une valeur par défaut de 4,6 MJ/kg (AFRC, 1993), qui correspond à une teneur en matières grasses du lait de 7 % en poids.

ÉQUATION 10.10
ÉNERGIE NETTE NECESSAIRE A LA LACTATION (BREBIS, CHIFFRES DE LA PRODUCTION DE LAIT INDISPONIBLES)

$$EN_1 = \left[\frac{(5 \cdot PP_{\text{sevrage}})}{365} \right] \cdot VE_{\text{lait}}$$

Où :

EN_1 = énergie nette nécessaire à la lactation, MJ jour⁻¹

PP_{sevrage} = prise de poids de l'agneau entre la naissance et le sevrage, kg

VE_{lait} = énergie nécessaire à la production d'1 kg de lait, MJ kg⁻¹. On pourra utiliser la valeur par défaut de 4,6 MJ kg⁻¹ (AFRC, 1993).

Énergie nette nécessaire au travail : (EN_{travail}) est l'énergie nette nécessaire au travail. On l'utiliser pour estimer l'énergie nécessaire à la force de tirage des bovins et des buffles. Différents chercheurs ont résumé les besoins en énergie pour la force de tirage (par exemple, Lawrence, 1985 ; Bamualim et Kartiarso, 1985 ; et Ibrahim, 1985). Les besoins en énergie dépendent de la difficulté du travail effectué par l'animal ; en conséquence les besoins en énergie estimés sont très différents. Selon Bamualim et Kartiarso, environ 10 pour cent des besoins en EN_s d'une journée sont utilisés par heure pour le travail type effectué par les animaux de labour. On calcule cette valeur ainsi :

ÉQUATION 10.11
ÉNERGIE NETTE NECESSAIRE AU TRAVAIL (BOVINS ET BUFFLES)

$$EN_{\text{travail}} = 0,10 \cdot EN_s \cdot \text{heures}$$

Où :

EN_{travail} = énergie nette nécessaire au travail, MJ jour⁻¹

EN_s = énergie nette requise par l'animal pour sa survie, MJ jour⁻¹ (équation 10.3)

Heures = nombre moyen d'heures de travail par jour

Énergie nette nécessaire à la production de laine : (EN_{laine}) est l'énergie nette quotidienne moyenne nécessaire aux moutons pour la production d'une année de laine. EN_{laine} se calcule ainsi :

ÉQUATION 10.12
ÉNERGIE NETTE NECESSAIRE A LA PRODUCTION DE LAINE (MOUTONS)

$$EN_{\text{laine}} = \left(\frac{VE_{\text{laine}} \cdot \text{Production}_{\text{laine}}}{365} \right)$$

Où :

EN_{laine} = énergie nette nécessaire à la production de laine, MJ jour⁻¹

VE_{laine} = valeur énergétique de chaque kg de laine produit (pesé après séchage mais avant dégorgeage), MJ kg⁻¹. On pourra utiliser la valeur par défaut de 24 MJ kg⁻¹ (AFRC, 1993) pour cette estimation.

$\text{Production}_{\text{laine}}$ = production annuelle moyenne de laine par mouton (kg an⁻¹)

Énergie nette nécessaire la gestation : (EN_g) est l'énergie nette nécessaire à la gestation. Pour les bovines et les bufflonnes, les besoins nets totaux en énergie nécessaires à la gestation (d'une durée de 281 jours moyennée pour l'année entière) sont estimés à 10 % de l' EN_s . Pour les brebis, les besoins en EN_g sont estimés de manière similaire pour une période de gestation de 147 jours, même si le pourcentage varie en fonction du nombre d'agneaux nés (tableau 10.7, *Constantes à utiliser pour calculer EN_g à l'équation 10.13*). L'équation 10.13

montre comment appliquer ces estimations.

ÉQUATION 10.13
ÉNERGIE NETTE NECESSAIRE A LA GESTATION (BOVINES/BUFFLONNES ET BREBIS)

$$EN_g = C_{\text{gestation}} \bullet EN_s$$

Où :

EN_g = énergie nette nécessaire à la gestation, MJ jour⁻¹

$C_{\text{gestation}}$ = coefficient de gestation (voir tableau 10.7)

EN_s = énergie nette requise par l'animal pour sa survie, MJ jour⁻¹ (équation 10.3)

TABLEAU 10.7 CONSTANTES A UTILISER POUR CALCULER ENG A L'EQUATION 10.13	
Catégorie animale	$C_{\text{gestation}}$
Bovines et bufflonnes	0,10
Brebis	
Naissance unique	0,077
Double naissance (jumeaux)	0,126
Triple naissance ou plus (triplets)	0,150
<small>Source : Les estimations relatives aux bovines et aux bufflonnes ont été développées à partir de données de la NRC (1996). Les estimations relatives aux brebis ont été développées à partir de données de l'AFRC (1993), en prenant en compte l'inefficacité de la conversion d'énergie.</small>	

Lors de l'utilisation d' EN_g pour calculer l'EB des moutons et des bovins, il faudra pondérer l'estimation d' EN_g par la proportion de femelles matures ayant réellement une période de gestation dans l'année. Par exemple, si 80 % des femelles matures d'une catégorie animale mettent bas chaque année, il faudra alors utiliser 80 % de la valeur d' EN_g à l'équation de l'EB ci-dessous.

Pour déterminer le bon coefficient concernant les moutons, il faudra connaître la proportion de brebis qui connaissent des naissances uniques, doubles ou triples afin d'estimer une valeur moyenne pour $C_{\text{gestation}}$. Si ces données sont indisponibles, on pourra calculer le coefficient comme suit :

- Si le nombre d'agneaux nés chaque année divisé par le nombre de brebis gestantes par année est inférieur ou égal à 1,0, on pourra employer le coefficient correspondant aux naissances uniques.
- Si le nombre d'agneaux nés chaque année divisé par le nombre de brebis gestantes par année est supérieur à 1,0 et inférieur à 2,0, on pourra employer le coefficient suivant :

$$C_{\text{gestation}} = [(0,126 \bullet \text{fraction doubles naissances}) + (0,077 \bullet \text{fraction naissances uniques})]$$

Où :

$$\text{fraction doubles naissances} = [(\text{agneaux nés} / \text{brebis gestantes}) - 1]$$

$$\text{fraction naissances uniques} = [1 - \text{fraction doubles naissances}]$$

Taux d'énergie nette disponible dans l'alimentation pour la survie par rapport à l'énergie digestible consommée (TES) : Pour les bovins, les buffles et les moutons, le taux d'énergie disponible dans l'alimentation pour la survie par rapport à l'énergie digestible consommée (TES) est estimé à l'aide de l'équation suivante (Gibbs et Johnson, 1993) :

ÉQUATION 10.14
TAUX D'ÉNERGIE NETTE DISPONIBLE DANS L'ALIMENTATION POUR LA SURVIE PAR RAPPORT A L'ÉNERGIE DIGESTIBLE CONSOMMÉE

$$TES = \left[1,123 - (4,092 \cdot 10^{-3} \cdot DA\%) + \left[1,126 \cdot 10^{-5} \cdot (DA\%)^2 \right] - \left(\frac{25,4}{DA\%} \right) \right]$$

Où :

TES = taux d'énergie nette disponible dans l'alimentation pour la survie par rapport à l'énergie digestible consommée

DA % = énergie digestible exprimée sous forme de pourcentage d'énergie brute

Taux d'énergie nette dans l'alimentation disponible à la croissance par rapport à l'énergie digestible consommée (TEC) : Pour les bovins, les buffles et les moutons, le taux d'énergie disponible dans l'alimentation pour la croissance (y compris pousse de laine) par rapport à l'énergie digestible consommée (TEC) est estimé à l'aide de l'équation suivante (Gibbs et Johnson, 1993) :

ÉQUATION 10.15
TAUX D'ÉNERGIE NETTE DISPONIBLE DANS L'ALIMENTATION POUR LA CROISSANCE PAR RAPPORT A L'ÉNERGIE DIGESTIBLE CONSOMMÉE

$$TEC = \left[1,164 - (5,160 \cdot 10^{-3} \cdot DA\%) + \left[1,308 \cdot 10^{-5} \cdot (DA\%)^2 \right] - \left(\frac{37,4}{DA\%} \right) \right]$$

Où :

TEC = Taux d'énergie nette dans l'alimentation disponible à la croissance par rapport à l'énergie digestible consommée

DA % = énergie digestible exprimée sous forme de pourcentage d'énergie brute

Énergie brute, EB : L'équation 10.16 montre que les besoins en EB sont calculés en se basant sur le total des besoins en énergie nette et les caractéristiques en disponibilité énergétique de l'alimentation. Elle est conforme aux *bonnes pratiques* pour le calcul des besoins en EB des bovins et des moutons à l'aide des résultats des équations présentées ci-dessus.

À l'équation 10.16, on utilise seulement les termes pertinents à chaque catégorie d'animaux (voir tableau 10.3).

ÉQUATION 10.16
ÉNERGIE BRUTE DES BOVINS/BUFFLES ET MOUTONS)

$$EB = \left[\frac{\left(\frac{EN_s + EN_a + EN_l + EN_{travail} + EN_g}{TES} \right) + \left(\frac{EN_{Cce} + EN_{laine}}{TEC} \right)}{\frac{DA\%}{100}} \right]$$

Où :

EB = énergie brute, MJ jour⁻¹

EN_s = énergie nette requise par l'animal pour sa survie, MJ jour⁻¹ (équation 10.3)

EN_a = énergie nette nécessaire aux activités de l'animal, MJ jour⁻¹ (équations 10.4 et 10.5)

EN_l = énergie nette nécessaire à la lactation, MJ jour⁻¹ (équations 10.8, 10.9 et 10.10)

EN_{travail} = énergie nette nécessaire au travail, MJ jour⁻¹ (équation 10.11)

EN_g = énergie nette nécessaire à la gestation, MJ jour⁻¹ (équation 10.13)

TES = taux d'énergie nette disponible dans l'alimentation pour la survie par rapport à l'énergie digestible consommée (équation 10.14)

EN_{Cce} = énergie nette nécessaire à la croissance, MJ jour⁻¹ (équations 10.6 et 10.7)

EN_{laine} = énergie nette nécessaire à la production d'une année de laine, MJ jour⁻¹ (équation 10.12)

TEC = Taux d'énergie nette dans l'alimentation disponible à la croissance par rapport à l'énergie digestible consommée (équation 10.15)

DA % = énergie digestible exprimée sous forme de pourcentage d'énergie brute

Une fois qu'on a calculé les valeurs d'EB de chaque sous-catégorie animale, on devra également calculer la consommation d'alimentation en unités de matière sèche par jour, en kilogrammes (kg jour⁻¹). Pour convertir l'EB en unités d'énergie en consommation de matière sèche (CMS), diviser EB par la densité énergétique de l'alimentation. Une valeur par défaut de 18,45 MJ kg⁻¹ de matière sèche peut être utilisée si l'on ne dispose pas d'informations spécifiques à l'alimentation. Le résultat, la consommation de matière sèche quotidienne, devra être de l'ordre de 2 à 3 % du poids corporel des animaux matures ou en croissance. Pour les vaches laitières à forte production, la consommation pourra être supérieure à 4 % du poids corporel.

Estimations de la consommation d'alimentation à l'aide d'une méthode de niveau 2 simplifiée

Prévisions de la CMS des bovins en fonction du poids corporel et de la concentration énergétique nette des aliments estimée (EN_{ma}) ou des valeurs énergétiques digestibles (DA %) : On peut également prévoir la consommation de matière sèche des bovins matures et en croissance par rapport au poids corporel de l'animal ou à la concentration en EN_{ma} de l'alimentation (NRC, 1996) (ou DA %). La concentration d' EN_{ma} alimentaire peut aller de 3,0 à 9,0 MJ kg⁻¹ de matière sèche. Le tableau 10.8 présente des valeurs types pour des régimes alimentaires de bonne, moyenne et piètre qualité. Ces chiffres peuvent également être utilisés pour estimer l' EN_{ma} de régimes alimentaires mixtes en se basant sur une estimation de la qualité de l'alimentation. Par exemple, on pourra supposer qu'un régime alimentaire basé sur un mélange fourrage/céréales présentera une valeur d' EN_{ma} similaire à un régime alimentaire au fourrage de grande qualité. Un régime alimentaire basé sur un mélange paille/céréales présentera une valeur d' EN_{ma} similaire à un régime alimentaire au fourrage de moyenne qualité. On pourra consulter des nutritionnistes spécialistes de différentes zones géographiques pour obtenir des conseils sur le choix de valeurs d' EN_{ma} qui soient plus représentatives des régimes alimentaires locaux.

La consommation de matière sèche des bovins en croissance et en fin de vie est estimée à l'aide de l'équation suivante :

ÉQUATION 10.17
ESTIMATION DE LA CONSOMMATION DE MATIERE SECHE DES BOVINS EN CROISSANCE ET EN FIN DE VIE

$$CMS = PV^{0.75} \cdot \left[\frac{(0,2444 \cdot EN_{ma} - 0,0111 \cdot EN_{ma}^2 - 0,472)}{EN_{ma}} \right]$$

Où :

CMS = consommation de matière sèche, kg jour⁻¹

PV = poids corporel vif, kg

EN_{ma} = concentration énergétique alimentaire nette estimée du régime alimentaire ou valeur par défaut tirée du tableau 10.8, MJ kg⁻¹

La consommation de matière sèche des bovins matures est estimée à l'aide de l'équation suivante :

ÉQUATION 10.18A
ESTIMATION DE LA CONSOMMATION DE MATIERE SECHE DES BOVINS MATURES

$$CMS = PV^{0.75} \cdot \left[\frac{(0,0119 \cdot EN_{ma}^2 + 0,1938)}{EN_{ma}} \right]$$

Où :

CMS = consommation de matière sèche, kg jour⁻¹

PV = poids corporel vif, kg

EN_{ma} = concentration énergétique alimentaire nette estimée du régime alimentaire ou valeur par défaut tirée du tableau 10.8, MJ kg⁻¹

Pour les vaches laitières matures consommant du fourrage de piètre qualité, souvent dans les tropiques, on pourra utiliser l'équation suivante pour estimer la consommation de matière sèche en fonction de la DA % (NRC, 1989) :

ÉQUATION 10.18B
ESTIMATION DE LA CONSOMMATION DE MATIERE SECHE DES VACHES LAITIERES MATURES

$$CMS = \left[\frac{\left(\frac{5,4 \cdot PV}{500} \right)}{\left(\frac{100 - DA\%}{100} \right)} \right]$$

Où :

CMS = consommation de matière sèche, kg jour⁻¹

PV = poids corporel vif, kg

DA % = énergie digestible exprimée sous forme de pourcentage d'énergie brute (généralement 45 à 55 % pour les fourrages de piètre qualité)

Les équations 10.17, 10.18a et 10.18b sont un bon moyen de vérifier la principale méthode de niveau 2 afin de prévoir la consommation d'alimentation. Elles peuvent être considérées comme posant la question : « *Quelle est la consommation prévue pour telle ou telle qualité alimentaire ?* » et utilisées pour prévoir la CMS du PV de manière indépendante, et la qualité de l'alimentation (EN_{ma} ou DA %). En revanche, la principale méthode de niveau 2 prévoit la CMS en fonction de la quantité d'alimentation devant être consommée pour répondre aux besoins estimés (c'est-à-dire EN_s et EN_{Cce}), et ne prend pas en compte les capacités biologiques de l'animal à consommer réellement la quantité prévue d'alimentation. La méthode simplifiée de niveau 2 peut donc être utilisée pour confirmer que les valeurs de la CMS dérivées à l'aide de la méthode principale de niveau 2 sont réalistes au niveau biologique. Ces estimations sont également soumises à vérifications par recoupement, car la consommation de matière sèche devra être de l'ordre de 2 à 3 % du poids corporel des animaux matures ou en croissance.

TABLEAU 10.8 EXEMPLES DE TENEUR EN EN_{ma} POUR LES REGIMES ALIMENTAIRES TYPES DONNES AUX BOVINS, POUR L'ESTIMATION DE LA CONSOMMATION DE MATIERE SECHE AUX EQUATIONS 10.17 ET 10.18	
Type de régime alimentaire	EN_{ma} (MJ (kg matière sèche) ⁻¹)
Alimentation riche en céréales > 90 %	7,5 – 8,5
Fourrage de bonne qualité (par exemple, légumineuses et herbes végétatives)	6,5 – 7,5
Fourrage de moyenne qualité (par exemple, légumineuses et herbes de mi-saison)	5,5 – 6,5
Fourrage de faible qualité (par exemple, herbes matures et pailles)	3,5 – 5,5
Source : Estimations obtenues auprès de modèles de prévision du NRC (1996). EN_{ma} peut également être estimé à l'aide de l'équation : $EN_{ma} = TES \times 18,45 \times DA \% / 100$	

10.2.3 Évaluation des incertitudes

Pour la collecte de données, la première étape sera d'effectuer des recherches dans les statistiques nationales existantes, auprès de sources de l'industrie, et dans des études effectuées ou les statistiques de la FAO. L'incertitude relative aux populations de bétail variera beaucoup en fonction de la source utilisée, et devra être connue dans une marge de ± 20 %. Les statistiques nationales sur le bétail incluent souvent des estimations des incertitudes, auquel cas il faudra les utiliser. Si l'on ne dispose pas de données publiées dans ce type de sources,

on pourra demander à des experts de l'industrie ou des chercheurs. L'estimation de la digestibilité est particulièrement importante pour les estimations de niveau 2 de la consommation d'énergie nette. Les incertitudes relatives aux estimations de la digestibilité pourront aller jusqu'à $\pm 20\%$. Une description des méthodes de sollicitation de l'opinion d'experts sur les plages d'incertitudes est présentée au chapitre 3 du volume 1 (*Incertitudes*). On pourra employer les mêmes protocoles de sollicitation de l'opinion d'experts pour obtenir les informations requises sur la caractérisation du bétail, s'il n'existe aucune donnée ou statistique publiées.

10.2.4 Caractérisation du bétail sans méthodes d'estimation des émissions spécifiques aux espèces

Dans certains pays, il pourra y avoir du bétail domestiqué pour lequel on ne dispose pas de méthode d'estimation de niveau 1 ou 2 (par exemple, lamas, alpacas, wapitis, émeus ou autruches). Conformément aux *bonnes pratiques* d'estimation des émissions de ce type de bétail, on cherchera d'abord à savoir si leurs émissions justifient ou non une caractérisation et l'élaboration de facteurs d'émissions spécifiques au pays. Des recommandations relatives à l'importance des catégories de source individuelles dans l'inventaire national sont présentées au chapitre 4 du volume 1 (*Choix méthodologique et identification des catégories clé*). On pourra employer des approches similaires pour évaluer l'importance des sous-catégories de source (c'est-à-dire des espèces) à l'intérieur des catégories de source. Si l'on détermine que les émissions provenant d'une sous-espèce spécifique sont importantes, on devra développer des facteurs d'émissions spécifiques au pays et effectuer une caractérisation permettant d'élaborer des facteurs d'émissions. Il faudra pousser les recherches relatives à l'estimation des niveaux d'émission des espèces non caractérisées, et bien documenter les données et méthodes utilisées pour caractériser les animaux.

Puisqu'il n'existe pas de méthodes d'estimation des émissions pour ces animaux, on pourra utiliser des facteurs d'émissions approximatifs basés sur des « calculs de l'ordre de grandeur » afin d'évaluer l'importance de leurs émissions. Par exemple, une approche à l'élaboration de facteurs d'émissions approximatifs sera d'utiliser le facteur d'émissions de niveau 1 d'un animal doté d'un appareil digestif similaire, et de le mettre à l'échelle à l'aide du rapport entre les poids des animaux puissance 0,75. Les facteurs d'émissions de niveau 1 des animaux pourront être classés en fonction de leur appareil digestif comme tel :

- Animaux ruminants : Bovins, buffles, moutons, chèvres, chameaux
- Herbivores non ruminants : Chevaux, mules/ânes
- Volaille : Poulets, canards, dindes, oies
- Animaux monogastriques hors volaille : Suidés

Par exemple, un facteur approximatif pour les émissions de méthane dues à la fermentation entérique des alpacas devra être estimé à partir du facteur d'émissions des moutons (animal également ruminant) comme suit :

Facteur d'émissions approximatif = [(poids de l'alpaca) / (poids du mouton)]^{0.75} • facteur d'émissions du mouton

De même, on pourra estimer un facteur d'émissions approximatif pour les autruches à l'aide du facteur d'émissions de niveau 1 des poulets. Les facteurs d'émissions approximatifs élaborés à l'aide de cette méthode ne peuvent être utilisés que pour évaluer l'importance des émissions des animaux ; ils ne sont pas assez exacts pour estimer les émissions dans un inventaire national.

10.3 ÉMISSIONS DE METHANE DUES A LA FERMENTATION ENTERIQUE

Les herbivores produisent du méthane en tant que sous-produit de la fermentation entérique, processus digestif par lequel l'hydrate de carbone est décomposé par des micro-organismes en simples molécules destinées à l'absorption dans le sang. La quantité de méthane émise dépend du type de tube digestif, de l'âge et du poids de l'animal, et de la qualité et quantité de nourriture consommée. Le bétail ruminant (par exemple bovins ou moutons) est une grande source de méthane, alors que le bétail non ruminant (chevaux, cochons) représente une source modérée. La structure intestinale des ruminants entraîne une forte fermentation entérique de leurs aliments.

Appareil digestif

Le type d'appareil digestif influence beaucoup les taux d'émissions de méthane. Le bétail ruminant est doté d'une grande panse, le rumen, à l'avant du tube digestif, qui le dote d'une fermentation microbienne intensive de son alimentation, et présente plusieurs atouts nutritionnels y compris la capacité à digérer la cellulose des aliments. Les principaux animaux ruminants sont les bovins, buffles, chèvres, moutons, cervidés et camélidés. Le bétail non ruminant (chevaux, mules, ânes) et monogastrique (suidés) présente des émissions de méthane relativement moins élevées parce l'appareil digestif de ces animaux présente moins de fermentation, cause de la production de méthane.

Consommation d'aliments

Le méthane est produit par la fermentation des aliments dans l'appareil digestif des animaux. En général, plus l'animal consomme d'aliments, plus il émet de méthane, quoique la production de méthane soit également affectée par la composition du régime alimentaire. La consommation d'aliments est liée à la taille de l'animal, à son taux de croissance et à la production (production de lait, de laine ou gestation, etc.)

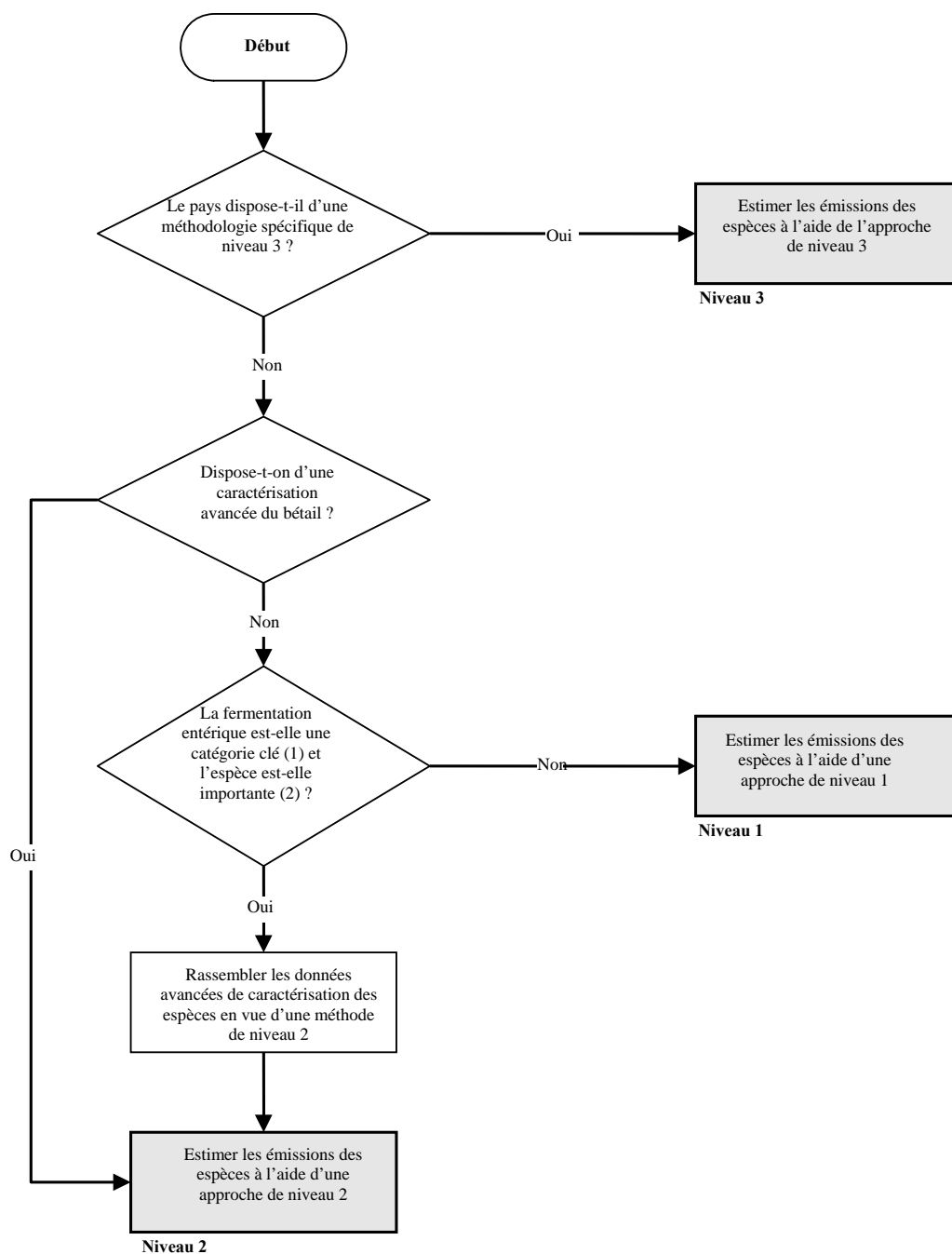
Les variations des taux d'émissions entre les espèces animales peuvent être présentées en divisant la population animale en sous-groupes, et en estimant un taux d'émissions par animal pour tous les sous-groupes. Les types de sous-groupes sont présentés à la section 10.2 (*Caractérisation du bétail et de son alimentation*). La quantité de méthane émise par un sous-groupe de bétail est calculée en multipliant le taux d'émissions par animal par le nombre d'animaux dans le sous-groupe.

Les ruminants sauvages ne sont pas pris en compte lors du calcul des émissions d'un pays. On ne prendra en compte que les émissions imputables aux animaux gérés par l'homme (par exemple cervidés, wapitis et buffles fermiers).

10.3.1 Choix de la méthode

Conformément aux *bonnes pratiques*, on choisira la méthode d'estimation des émissions de méthane dues à la fermentation entérique en suivant le diagramme décisionnel de la figure 10.2. Trois étapes sont à suivre pour la méthode d'estimation des émissions de méthane dues à la fermentation entérique :

Figure 10.2 Diagramme décisionnel relatif aux émissions de CH₄ dues à la fermentation entérique



Notes :

- (1) Lire le chapitre 4 du volume 1 (*Choix méthodologique – Identification des catégories clés*) et particulièrement la section 4.1.2 traitant des ressources limitées, pour une discussion des catégories clés et de l'emploi des diagrammes décisionnels.
- (2) Selon la méthode empirique, une espèce de bétail sera importante si elle compte entre 25 et 30 % minimum d'émissions de la catégorie de source.

Étape 1 : Diviser la population de bétail en sous-groupes et caractériser chaque sous-groupe comme à la section 10.2. On recommande aux experts nationaux d'utiliser des estimations de moyennes annuelles en prenant en compte l'impact des cycles de production et l'influence des saisons sur le nombre de bêtes.

Étape 2 : Estimer les facteurs d'émissions pour tous les sous-groupes en termes de kilogrammes de méthane par animal et par an.

Étape 3 : Multiplier les facteurs d'émissions du sous-groupe par la population du sous-groupe afin d'obtenir une estimation des émissions du sous-groupe, et additionner tous les sous-groupes pour obtenir les émissions totales.

Ces trois étapes peuvent s'effectuer à différents niveaux de précision et de complexité. Le présent chapitre propose les trois approches suivantes :

Niveau 1

Approche simplifiée basée sur des facteurs d'émissions par défaut soit tirés des recherches publiées, soit calculés à l'aide d'une méthodologie de niveau 2 plus précise. La méthode de niveau 1 sera probablement mieux adaptée aux espèces animales des pays où la fermentation entérique n'est pas une catégorie de source clé, ou lorsqu'on ne dispose pas de données avancées sur la caractérisation. Si l'on dérive des émissions entériques approximatives par extrapolation à partir de grandes catégories de bétail, on aura alors une méthode de niveau 1.

Niveau 2

Approche plus complexe requérant des données spécifiques au pays précises sur la consommation d'énergie brute et des facteurs de conversion du méthane spécifiques à certaines catégories de bétail. On emploiera la méthode de niveau 2 si la fermentation entérique est une catégorie de source clé pour la catégorie animale responsable d'une grande partie des émissions totales du pays.

Niveau 3

Certains pays où les émissions imputables au bétail sont très importantes pourront souhaiter pousser plus loin que la méthode de niveau 2, et incorporer des informations spécifiques au pays supplémentaires dans leurs estimations. Si tel est le cas, on pourra élaborer des modèles sophistiqués prenant en compte la composition précise du régime alimentaire des animaux, la concentration de produits dérivés de la fermentation ruminante, les variations saisonnières relatives à la population animale ou la qualité et la disponibilité des aliments, et les éventuelles stratégies d'atténuation. Ces estimations seront souvent dérivées de mesures expérimentales directes. Si l'on encourage les pays à aller plus loin que la méthode de niveau 2 présentée ci-dessous, lorsque les données sont disponibles, dans le présent rapport la présentation de ces analyses plus complexes reste brève. Il faudra soumettre toute méthode de niveau 3 à une vaste révision par des spécialistes internationaux, comme lors de publications révisées par des experts, afin d'obtenir des améliorations de l'exactitude et/ou de la précision des estimations.

Les pays disposant de grandes populations d'espèces animales domestiquées pour lesquelles il n'y a pas de facteurs d'émissions GIEC par défaut (lamas et alpacas, etc.) sont encouragés à élaborer des méthodes nationales similaires à la méthode de niveau 2 et basées sur de vastes recherches (si l'on a déterminé que les émissions de ce type de bétail étaient significatives). L'approche à suivre est décrite à la section 10.2.4, *Caractérisation des espèces de bétail dénuées de méthode spécifique d'estimation des émissions*.

Le tableau 10.9 résume les approches suggérées pour les émissions dues au bétail incluses dans le présent inventaire.

10.3.2 Choix des facteurs d'émission

Approche de niveau 1 de l'estimation des émissions de méthane dues à la fermentation entérique

La méthode de niveau 1 est simplifiée et n'utilise que des données sur les animaux disponibles facilement pour estimer les émissions. Des facteurs d'émissions par défaut sont présentés pour tous les sous-groupes de bétail recommandés. Les étapes sont présentées une à une.

Étape 1 : Population animale

Les données relatives à la population animale devront être obtenues suivant l'approche décrite à la section 10.2.

Étape 2 : Facteurs d'émissions

L'objectif de cette étape est de choisir les facteurs d'émissions les plus appropriés aux caractéristiques du bétail du pays. Les facteurs d'émissions par défaut pour la fermentation entérique sont tirés de recherches passées et sont organisés par région pour les rendre plus faciles à utiliser.

Les données utilisées pour estimer les facteurs d'émissions par défaut de la fermentation entérique sont présentés à l'annexe 10A.1 à la fin de la présente section.

TABLEAU 10.9
SUGGESTIONS DE METHODES D'INVENTAIRES DES EMISSIONS POUR LA FERMENTATION ENTERIQUE

Bétail	Suggestions de méthodes d'inventaires des émissions
Vaches laitières	Niveau 2 ^a /Niveau 3
Autres bovins	Niveau 2 ^a /Niveau 3
Buffles	Niveau 1/niveau 2
Moutons	Niveau 1/niveau 2
Chèvres	Niveau 1
Chameaux	Niveau 1
Chevaux	Niveau 1
Mules et ânes	Niveau 1
Suidés	Niveau 1
Volaille	Non élaborée
Autres (lamas, alpacas, cervidés, etc.)	Niveau 1
^a On recommande la méthode de niveau 2 aux pays ayant une vaste population de bétail. Il pourra être utile de mettre en place une méthode de niveau 2 pour des sous-groupes supplémentaires de bétail lorsque leurs émissions représentent une grande partie des émissions totales de méthane du pays.	

Le tableau 10.10 présente les facteurs d'émissions de la fermentation entérique des espèces animales sauf les bovins. On y voit également que les facteurs d'émissions des moutons et des suidés varient entre les pays développés et en voie de développement. Les différences entre les facteurs d'émissions sont dues aux différences supposées en matière de consommation d'aliments et de qualité de l'alimentation (voir annexe 10A.1). Le tableau 10.11 présente les facteurs d'émissions de la fermentation entérique des bovins. Plusieurs facteurs d'émissions sont présentés pour différentes conditions régionales types. Il montre que les facteurs d'émissions varient dans un facteur supérieur à quatre par tête.

Si les facteurs d'émissions par défaut présentés au tableau 10.11 représentent principalement les taux d'émissions dans les régions décrites, les facteurs d'émissions peuvent néanmoins varier dans chaque région. La taille de l'animal et la production de lait sont des éléments importants pour la détermination du taux d'émissions des vaches laitières. On trouve des vaches laitières relativement petites aux taux de production faibles en Asie, Afrique et sur le sous-continent indien. Les vaches laitières plus grosses, aux taux de production élevés, se trouvent en Amérique du Nord et en Europe de l'Ouest.

La taille de l'animal et la structure de la population sont des éléments importants pour la détermination du taux d'émissions des autres bovins. On trouve des autres bovins relativement petits en Asie, Afrique et sur le sous-continent indien. Ces autres bovins sont également souvent jeunes dans ces régions. Les autres bovins d'Amérique du Nord, d'Europe de l'Ouest et d'Océanie sont plus gros, et les jeunes bovins représentent une proportion plus petite de la population totale.

Pour choisir des facteurs d'émissions dans les tableaux 10.10 et 10.11, identifier la région correspondant le plus au pays en évaluation. Étudier les tableaux de l'annexe 10A.1 pour vérifier que les caractéristiques animales sous-jacentes comme le poids, le taux de croissance et la production de lait utilisées pour élaborer les facteurs d'émissions sont les mêmes que celles du pays. Les données rassemblées sur la production annuelle moyenne de lait par les vaches laitières devront être utilisées pour aider à choisir un facteur d'émissions pour la vache laitière. Si nécessaire, interpoler entre les facteurs d'émissions des vaches laitières présentés dans le tableau à l'aide des données rassemblées sur la production annuelle moyenne de lait par tête.

À noter que l'utilisation des mêmes facteurs d'émissions de niveau 1 pour les inventaires d'années successives signifie qu'on ne prendra pas en compte les variations de la productivité du bétail, comme l'augmentation de la productivité laitière ou les tendances du poids vif. S'il est important de capturer les tendances des émissions de méthane résultant de variations de la productivité du bétail, les émissions imputables au bétail pourront alors devenir des catégories de source clé basées sur les tendances, et il faudra employer une méthode de calcul de niveau 2.

TABLEAU 10.10
FACTEURS D'ÉMISSIONS DE LA FERMENTATION ENTERIQUE POUR LES METHODES DE NIVEAU 1¹
(KG CH₄ TETE⁻¹ AN⁻¹)

Bétail	Pays développés	Pays en voie de développement	Poids vif
Buffles	55	55	300 kg
Moutons	8	5	65 kg – pays développés 45 kg – pays en voie de développement
Chèvres	5	5	40 kg
Chameaux	46	46	570 kg
Chevaux	18	18	550 kg
Mules et ânes	10	10	245 kg
Cervidés	20	20	120 kg
Alpacas	8	8	65 kg
Suidés	1,5	1,0	
Volaille	Données insuffisantes pour le calcul	Données insuffisantes pour le calcul	
Autres (lamas, etc.)	À déterminer ¹	À déterminer ¹	

Toutes les estimations présentent une plage d'incertitude de ± 30 à 50 %.

Sources : Facteurs d'émissions des buffles et des chameaux tirés de Gibbs et Johnson (1993). Facteurs d'émissions des autres animaux tirés de Crutzen *et al.*, (1986), alpacas de Pinares-Patino *et al.*, 2003 ; cervidés de Clark *et al.*, 2003.

¹ Par exemple, une approche à l'élaboration de facteurs d'émissions approximatifs serait d'utiliser le facteur d'émissions de niveau 1 d'un animal doté d'un système digestif similaire, et de le mettre à l'échelle à l'aide du rapport entre les poids des animaux puissance 0,75. Les valeurs du poids vif ont été incluses à cette fin. Les facteurs d'émissions devront être dérivés sur la base de caractéristiques du bétail et de son alimentation pertinentes, et non pas restreints uniquement aux caractéristiques régionales.

Étape 3 : Émissions totales

Pour estimer les émissions totales, il faudra multiplier les facteurs d'émissions sélectionnés par la population animale associée (équation 10.19), et faire la somme (équation 10.20) :

ÉQUATION 10.19
ÉMISSIONS DUES A LA FERMENTATION ENTERIQUE D'UNE CATEGORIE DE BETAIL

$$Emissions = FE_{(T)} \cdot \left(\frac{N_{(T)}}{10^6} \right)$$

Où :

Émissions = émissions annuelles de méthane dues à la fermentation entérique, Gg CH₄ an⁻¹

FE_(T) = facteur d'émissions de la catégorie de bétail définie, kg CH₄ tête⁻¹ an⁻¹

N_(T) = nombre de têtes de l'espèce de bétail/catégorie T dans le pays

T = espèce/catégorie de bétail

ÉQUATION 10.20
ÉMISSIONS TOTALES DUES A LA FERMENTATION ENTERIQUE DU BETAIL

$$Total CH_{4\text{Entérique}} = \sum_i E_i$$

Où :

Total CH₄_{Entérique} = émissions totales de méthane dues à la fermentation entérique, Gg CH₄ an⁻¹

E_i = émissions de la catégorie et sous-catégorie *i* de bétail

TABLEAU 10.11
FACTEURS D'ÉMISSIONS DE NIVEAU 1 POUR LA FERMENTATION ENTERIQUE DES BOVINS¹

Caractéristiques régionales	Catégorie de bétail	Facteur d'émissions ² (kg CH ₄ tête ⁻¹ an ⁻¹)	Observations
Amérique du Nord : Secteur laitier commercialisé très productif, fourrage et céréales de très bonne qualité. Troupeaux de vaches à viande séparés, surtout en pâturages avec compléments alimentaires saisonniers. Génisses/bouvillons à forte croissance finissant leur vie dans des parcs d'engraissement avec un régime céréalier. Les vaches laitières forment une petite partie de la population.	Laitières	121	Production moyenne de lait de 8 400 kg tête ⁻¹ an ⁻¹ .
	Autres bovins	53	Inclut les vaches à viande, les taureaux, les veaux, les génisses/bouvillons en croissance et les bovins de parcs d'engraissement.
Europe de l'Ouest : Secteur laitier commercialisé très productif, fourrage et céréales de très bonne qualité. Vaches laitières également utilisées pour la production de veau à viande. Très peu de troupeaux de vaches élevées uniquement pour la viande. Peu de parcs d'engraissement aux céréales.	Laitières	109	Production moyenne de lait de 6 000 kg tête ⁻¹ an ⁻¹ .
	Autres bovins	57	Inclut les taureaux, les veaux et les génisses/bouvillons en croissance.
Europe de l'Est : Secteur laitier commercialisé, principalement fourrage. Troupeaux de vaches à viande séparés, principalement pâturages. Peu de parcs d'engraissement aux céréales.	Laitières	89	Production moyenne de lait de 2 550 kg tête ⁻¹ an ⁻¹ .
	Autres bovins	58	Inclut les vaches à viande, les taureaux et les jeunes.
Océanie : Secteur laitier commercialisé basé sur le pâturage. Troupeaux de vaches à viande séparés, surtout en pâturages de qualité très diverse. Quantité de parcs d'engraissement aux céréales de plus en plus importante. Les vaches laitières forment une petite partie de la population.	Laitières	81	Production moyenne de lait de 2 200 kg tête ⁻¹ an ⁻¹ .
	Autres bovins	60	Inclut les vaches à viande, les taureaux et les jeunes.
Amérique latine : Secteur laitier commercialisé basé sur le pâturage. Troupeaux de vaches à viande séparés, pâturages, parcours. Peu de parcs d'engraissement aux céréales. Les bovins non laitiers en croissance forment une vaste part de la population.	Laitières	63	Production moyenne de lait de 800 kg tête ⁻¹ an ⁻¹ .
	Autres bovins	56	Inclut les vaches à viande, les taureaux et les jeunes.
Asie : Petit secteur laitier commercialisé. La plupart des bovins ont plusieurs fonctions, comme la force de tirage et un peu de lait dans les régions agricoles. Petite population sur pâturages. Les bovins de tous types sont plus petits que ceux de la plupart des autres régions.	Laitières	61	Production moyenne de lait de 1 650 kg tête ⁻¹ an ⁻¹ .
	Autres bovins	47	Inclut les vaches à plusieurs fonctions, les taureaux et les jeunes.
Afrique et Moyen-Orient : Secteur laitier commercialisé basé sur le pâturage, faible production par vache. La plupart des bovins ont plusieurs fonctions, comme la force de tirage et un peu de lait dans les régions agricoles. Certains bovins paissent sur de très grandes zones. Les bovins sont plus petits que ceux de la plupart des autres régions.	Laitières	40	Production moyenne de lait de 475 kg tête ⁻¹ an ⁻¹ .
	Autres bovins	31	Inclut les vaches à plusieurs fonctions, les taureaux et les jeunes.
Sous-continent indien : Secteur laitier commercialisé nourri de sous-produits de récoltes, faible production par vache. La plupart des bœufs fournissent de la force de tirage et les vaches fournissent du lait dans les régions agricoles. Petite population sur pâturages. Les bovins de cette région sont les plus petits par rapport aux bovins trouvés dans toutes les autres régions.	Laitières	51	Production moyenne de lait de 900 kg tête ⁻¹ an ⁻¹ .
	Autres bovins	27	Inclut les vaches, les taureaux et les jeunes. Les jeunes forment une vaste proportion de la population.

¹ Les facteurs d'émissions devront être dérivés sur la base des caractéristiques pertinentes des bovins et de leur alimentation, et non pas restreints uniquement aux caractéristiques régionales.

² Groupe d'experts du GIEC, les valeurs représentent des moyennes régionales ; le cas échéant utiliser des données plus spécifiques sur la production de lait régionale. Les valeurs existantes ont été calculées à l'aide de méthodes de niveau 2 et des données des tableaux 10A.1 et 10A.2.

Approche de niveau 2 de l'estimation des émissions de méthane dues à la fermentation entérique

On applique la méthode de niveau 2 aux catégories de population de bétail plus désagrégées, afin de calculer les facteurs d'émissions, plutôt que des valeurs par défaut. À la méthode de niveau 2, il faudra surtout prendre en considération l'élaboration de facteurs d'émissions et la collecte de données précises sur les activités.

Étape 1 : Population de bétail

Les données relatives à la population animale et les données sur les activités associées devront être obtenues suivant l'approche décrite à la section 10.2.

Étape 2 : Facteurs d'émissions

Avec la méthode de niveau 2, les facteurs d'émissions sont estimés pour toutes les catégories animales à l'aide des données précises développées à l'étape 1.

Les facteurs d'émissions de chaque catégorie de bétail sont estimés en fonction de la consommation brute d'énergie et du facteur de conversion du méthane de la catégorie. Les données relatives à la consommation d'énergie brute devront être obtenues suivant l'approche décrite à la section 10.2. À la méthode de niveau 2, il faudra calculer le facteur d'émissions en suivant les deux sous-étapes suivantes :

1. Obtention du facteur de conversion du méthane (Y_m)

L'étendue de la conversion d'énergie alimentaire en CH_4 dépend de plusieurs facteurs animaux et alimentaires. Si les recherches menées dans le pays ne permettent pas d'obtenir des facteurs de conversion du CH_4 , les valeurs du tableau 10.12, *Facteurs de conversion du CH_4 pour les bovins/buffles* pourront être utilisées pour les bovins et les buffles. Ces estimations générales représentent une esquisse basée sur les caractéristiques alimentaires et les pratiques de production générales existant dans de nombreux pays développés et en développement. Lorsque les animaux disposent de bons aliments (c'est-à-dire faciles à digérer et à valeur énergétique élevée), il faudra utiliser les bornes les plus basses ; et lorsque les animaux mangent des aliments plus pauvres, les bornes élevées seront appropriées. On pourra supposer qu'on a un facteur de conversion du CH_4 de zéro pour tous les jeunes ne se nourrissant que de lait (c'est-à-dire les agneaux ou les veaux nourris au lait).

Étant donnée l'importance de Y_m au niveau des émissions, des recherches importantes sont actuellement menées pour essayer d'améliorer les estimations de Y_m pour différentes combinaisons de bétail et d'alimentation. Ces recherches sont particulièrement nécessaires pour les animaux nourris sur des pâturages tropicaux car les données à leur sujet restent rares. Par exemple, une étude récente (Kurihara *et al.*, 1999) montrait des valeurs de Y_m extérieures aux plages présentées par le tableau 10.12.

TABLEAU 10.12 FACTEURS DE CONVERSION DU CH_4 POUR LES BOVINS/BUFFLES (Y_m)	
Catégorie de bétail	Y_m^b
Bovins de parcs d'engraissement ^a	3,0% ± 1,0%
Vaches laitières (bovins et buffles) et leurs petits	6,5% ± 1,0%
Autres bovins et buffles principalement nourris de résidus de récoltes de piètre qualité et de sous-produits	6,5% ± 1,0%
Autres bovins ou buffles – pâturages	6,5% ± 1,0%
<p>^a Régime alimentaire contenant au moins 90 pour cent de concentrés.</p> <p>^b Les valeurs ± représentent la plage.</p> <p>Source : Groupe d'experts GIEC.</p>	

Les estimations régionales, nationales et mondiales de la génération de méthane entérique se basent sur des déterminations à petite échelle de Y_m mais aussi sur l'influence de l'alimentation et des propriétés de l'animal sur Y_m . Parmi les méthodes traditionnelles de mesure de Y_m , on compte l'utilisation de calorimètres respiratoires sur des animaux individuels en espace clos (Johnson et Johnson, 1995). Une autre technique, celle du traçage, utilise le SF_6 et permet d'estimer les émissions de méthane des animaux individuels en espaces clos ou en pâturage (Johnson *et al.*, 1994). Les résultats de mesures récentes ont été compilés par Lassey (2006), qui examine aussi la possibilité d'une mise à plus grande échelle des mesures pour les inventaires nationaux et mondiaux.

Il est également important d'examiner l'impact des propriétés alimentaires et des attributs des animaux sur Y_m . En effet, ces influences sont importantes pour mieux comprendre les mécanismes microbiologiques de la

génération de méthane et donc pour chercher à concevoir des stratégies d'atténuation mais aussi pour identifier différentes valeurs de Y_m en fonction des pratiques d'élevage des animaux. Aujourd'hui, les recherches relatives à ces influences sont équivoques, et par conséquent on a peu de variabilité à la fois dans les valeurs présentées au tableau 10.12 et dans celles de l'étude récemment publiée des mesures de Y_m (Lassey, 2006).

Le tableau 10.13 propose une valeur commune pour Y_m pour tous les moutons matures quelle que soit la qualité de leur alimentation, mais des valeurs différentes entre les moutons matures et les jeunes de moins d'un an. Ces valeurs se basent sur les données de Lassey *et al.* (1997), Judd *et al.* (1999) et Ulyatt *et al.* (2002a, 2002b, 2005). Elles correspondent aux mesures effectuées par d'autres chercheurs (Murray *et al.*, 1978 ; Leuning *et al.*, 1999), mais ne couvrent pas forcément tous les types de pâturages existant. La valeur médiane est appropriée pour la plupart des cas, mais pour l'alimentation de piètre qualité les chiffres supérieurs pourront être mieux adaptés, alors que pour l'alimentation très énergétique et très digeste, les chiffres inférieurs conviendront mieux.

TABLEAU 10.13 FACTEURS DE CONVERSION DU CH ₄ POUR LES MOUTONS (Y _m)	
Catégorie	Y _m ^a
Agneaux (< 1 an)	4,5% ± 1,0%
Moutons matures	6,5% ± 1,0%
<small>a Les valeurs ± représentent la plage.</small>	

À noter que dans certains cas, les facteurs de conversion du CH₄ peuvent ne pas exister pour certains types de bétail, auquel cas il faudra choisir les facteurs de conversion du CH₄ du bétail lui ressemblant le plus. Par exemple, les facteurs de conversion du CH₄ des autres bovins ou des buffles peuvent s'appliquer à l'estimation du facteur d'émissions des chameaux.

2. Élaboration du facteur d'émissions

Il faudra élaborer un facteur d'émissions pour chaque catégorie animale, suivant l'équation 10.21 :

ÉQUATION 10.21 FACTEURS D'EMISSIONS DU CH ₄ DUES A LA FERMENTATION ENTERIQUE D'UNE CATEGORIE DE BETAAIL
$FE = \left[\frac{EB \cdot \left(\frac{Y_m}{100} \right) \cdot 365}{55,65} \right]$

Où :

FE = facteur d'émissions (kg CH₄ tête⁻¹ an⁻¹)

EB = consommation d'énergie brute, MJ tête⁻¹ jour⁻¹

Y_m = facteur de conversion du méthane, pourcentage d'énergie brute dans l'alimentation converti en méthane

Le facteur de 55,65 (MJ/kg CH₄) représente la valeur énergétique du méthane.

L'équation du facteur d'émissions suppose que ceux-ci sont développés pour la catégorie animale pour toute l'année (365 jours). En effet, si l'on utilise habituellement un facteur d'émissions correspondant à l'année entière, dans certaines circonstances une période plus courte pourra être employée pour la catégorie animale (par exemple, la saison des pluies ou une période de 150 jours d'alimentation en parc d'engraissement), auquel cas le facteur d'émissions sera estimé pour la période en question (par exemple, la saison des pluies) et les 365 jours seront remplacés par le nombre de jours de la période. La définition de la période correspondant au facteur d'émissions se trouve à la section 10.2.

Étape 3 : Émissions totales

Pour estimer les émissions totales, il faudra multiplier les facteurs d'émissions sélectionnés par la population animale associée et faire la somme. Comme pour le niveau 1 décrit ci-dessus, les estimations des émissions devront être présentées en gigagrammes (Gg).

Affinage potentiel du niveau 2 ou élaboration d'une méthode de niveau 3 pour l'inventaire des émissions entériques de méthane

Tout inventaire doit chercher à être le plus exact possible et à identifier les raisons des variations des émissions. Ainsi, on encourage les pays à améliorer leur méthodologie, qu'il s'agisse d'éléments du niveau 1 ou 2 ou d'affinages supplémentaires (niveau 3).

Les niveaux 1 et 2 actuels des facteurs d'émissions du méthane entérique et des procédures d'estimation se basent tout d'abord sur une estimation de la consommation quotidienne et annuelle d'énergie brute par les animaux individuels d'une catégorie d'inventaire, multipliée ensuite par une estimation des pertes de CH₄ par unité alimentaire (Y_m). Au niveau 2, on peut encore beaucoup améliorer les prévisions relatives à la consommation d'alimentation, mais aussi quant à Y_m. Parmi les facteurs influant potentiellement les besoins alimentaires et/ou la consommation, mais non pris en compte, on a :

- variations des besoins vitaux dues à la race ou au génotype ;
- effets du stress de la chaleur ou du froid sur la consommation ou les besoins vitaux ; et
- chute de la digestibilité accompagnée d'une consommation accrue, ou limites imposées par la composition du régime alimentaire sur la consommation.

De même, divers facteurs liés contrôlant les variations de Y_m sont exclus de la méthodologie de niveau 2 ; ainsi :

- impacts de la digestibilité (DA %) ;
- consommation de matière sèche dans le régime alimentaire et correspondance avec le poids vif ;
- composition chimique du régime alimentaire ;
- passage des particules et cinétique de la digestion, ou composés de défense microbienne ; et
- variations quant à la population microbienne du tube digestif.

Comme souligné plus haut, l'estimation exacte de la DA % du régime alimentaire est particulièrement importante lors de l'estimation de la consommation d'alimentation et donc des émissions. Une plage d'erreur de 10 % dans la DA % ou le TND % du régime alimentaire moyen entraînera des erreurs sur le CH₄ de 12 à 20 % en fonction des circonstances de départ. La chute de la DA % correspondant à une augmentation quotidienne de l'alimentation consommée n'est pas prise en compte. Or, ceci entraînera une sous-estimation de la consommation d'alimentation des vaches laitières à forte production nourries de mélanges de concentrés et de fourrages, comme on le voit beaucoup par exemple en Amérique du Nord et en Europe. Néanmoins certaines erreurs en découlant sur les estimations des émissions de méthane seront compensées par des réductions de Y_m, puisque la consommation quotidienne diminue. Des méthodes d'estimation des chutes de la digestibilité ont été décrites (NRC, 1996 ; NRC, 2001).

Beaucoup de tentatives ont également été faites pour affiner les estimations de Y_m. Plusieurs chercheurs ont élaboré des modèles reliant la composition chimique du régime alimentaire consommé ou plus précisément la composition des hydrates de carbone digérés et d'autres éléments chimiques à Y_m. Ces modèles prévoient en général les taux de passage et de digestion des particules et des éléments chimiques du régime alimentaire dans chaque compartiment entérique en fonction de différents types de consommation, et l'équilibre en H₂ en résultant, les acides gras volatils et la production de CH₄ et de microbes. Ces approches ont entraîné des valeurs de Y_m qui correspondent aux mesures directes prises à l'aide des techniques de chambres ou du SF₆.

Les recherches publiées présentent beaucoup d'exemples de la relation positive entre la digestion des parois des cellules des plantes et un fort taux de sous-produits acétiques par rapport aux acides propioniques, et une forte production de CH₄. Si les hydrates de carbone fibreux sont clairement le meilleur indicateur de production de CH₄, la quantité de CH₄ par fibre digérée est inconstante. Par exemple lorsque les animaux sont nourris uniquement de cosses de sojas ou de pulpes de betterave à différents niveaux de consommation, Y_m varie de 8 à 11 % lors de la consommation contrôlée d'alimentation, et de 5 à 6 % en cas de consommation à volonté (Kujawa, 1994 ; Diarra, 1994). On voit donc que la fermentation entérique du même substrat fibreux peut entraîner des valeurs de Y_m relativement différentes. La principale difficulté pour l'élaboration de modèles de prévision plus complexes se trouve peut-être dans leur difficulté d'application à de vastes inventaires nationaux. Le problème est d'obtenir les données nécessaires à ces modèles plus complexes de consommation d'alimentation ou de Y_m. Il est souvent difficile de définir les caractéristiques animales, la productivité et la DA % de manière exacte par catégorie de bétail dans une région du pays, mais aussi la fraction d'hydrate de carbone précise, les taux de passage et de digestion, etc.

La quantité de recherches actuelles sur les stratégies d'atténuation dans le monde, comme les vaccins, les ionophores, les huiles végétales polyinsaturées, les tannins condensés, etc., montre qu'il faut réfléchir à une

manière de les prendre en compte dans les inventaires de niveau 2 ou 3. Ainsi, premièrement, les inventaires devront prendre en compte uniquement les technologies conformes aux principes d'AQ/CQ et largement acceptées de par le monde, notamment grâce à des articles spécialistes incluant une description technologique, une évaluation de l'efficacité de la technique et une validation sur le terrain. Deuxièmement, les inventaires devront être accompagnés de preuves du fonctionnement de la technologie, et ne s'appliquer qu'aux émissions du bétail pour lesquelles on pourra la vérifier. Troisièmement, si la technologie a été mise en place récemment (comme lors de l'administration d'une dose d'agent atténuant), les inventaires devront aussi fournir des calculs des émissions en l'absence de la mesure d'atténuation, permettant de vérifier celle-ci. Les mesures d'atténuation devront être accompagnées de publications de spécialistes-réviseurs prouvant leur validité.

On encourage la mise en œuvre d'approches à l'amélioration des estimations de la consommation alimentaire et de Y_m , et d'études des mesures d'atténuation, en notant bien les limites relatives à l'étendue des études, aux circonstances particulières de la production, etc., pour la prévision des relations.

10.3.3 Choix des données sur les activités

Les données relatives à la population de bétail devront être obtenues suivant l'approche décrite à la section 10.2. Si les estimations des émissions entériques sont faites à l'aide de facteurs d'émissions entériques par défaut du bétail (tableaux 10.10, 10.11), la population de bétail ne pourra être caractérisée que simplement (niveau 1). Pour estimer les émissions entériques du bétail à l'aide d'une estimation de la consommation d'énergie brute (équations 10.16, 10.17 ou 10.18), il faudra caractériser le bétail à un niveau 2. La section 10.2 précise que les *bonnes pratiques* relatives à la caractérisation des populations de bétail exigent une caractérisation unique fournissant les données sur les activités de toutes les sources d'émissions en fonction des données sur la population de bétail.

10.3.4 Évaluation des incertitudes

Facteurs d'émissions

Puisque les facteurs d'émissions de la méthode de niveau 1 ne se basent pas sur des données spécifiques au pays, ils sont susceptibles de ne pas représenter les caractéristiques du bétail d'un pays, et peuvent donc être très incertains. Les facteurs d'émissions estimés à l'aide des méthodes de niveau 1 présenteront probablement une exactitude inférieure à $\pm 30\%$ et une incertitude de $\pm 50\%$. Au niveau 2, l'incertitude dépendra de l'exactitude de la caractérisation du bétail (par exemple homogénéité des catégories de bétail) mais aussi de la mesure dans laquelle les méthodes de définition des coefficients des diverses relations formant l'approche à l'énergie nette correspondent aux circonstances nationales. Les estimations des facteurs d'émissions de niveau 2 seront sans doute de l'ordre de $\pm 20\%$. Les compilateurs d'inventaires employant une méthode de niveau 2 devront faire l'analyse des incertitudes des situations particulières, et en l'absence d'une telle analyse on devra supposer que l'incertitude de niveau 2 est similaire à l'incertitude des méthodes de niveau 1.

Si les méthodes de niveau 3 peuvent permettre d'améliorer l'exactitude des estimations d'émissions, il faudra disposer de nombreuses données scientifiques pour être capable d'élaborer une méthode de niveau 3 viable. L'emploi de données ni fiables ni justifiées au niveau 3 pourrait produire des estimations inférieures à celles de méthodes de niveau 2 voire même 1. Souvent, on manque de mesures directes des émissions de méthane du bétail, ou elles ne concernent qu'un nombre limité de types de régimes alimentaires. De nombreuses recherches sont actuellement effectuées sur de possibles stratégies d'atténuation, mais rares sont celles qui ont été validées au point de pouvoir être extrapolées à des conditions hors-recherches. Toutefois les évolutions des recherches de base sur les émissions signifient que les méthodes de niveau 3 devraient, théoriquement, produire le taux d'incertitude le plus faible.

Données sur les activités

Il existe une incertitude supplémentaire associée à la caractérisation du bétail et de son alimentation. L'amélioration de la caractérisation du bétail et de son alimentation sera souvent prioritaire pour la réduction de l'incertitude générale. Il sera également essentiel de disposer d'estimations exactes de la digestibilité de l'alimentation (DA %) pour réduire le degré d'incertitude. Les estimations d'incertitude peuvent être effectuées conformément aux approches de *bonnes pratiques* relatives aux données des recensements agricoles soulignées dans la section traitant de l'incertitude de la caractérisation du bétail et de son alimentation (voir section 10.2).

Des informations générales sur les procédures d'évaluation des incertitudes sont fournies au chapitre 3 du volume 1 (*Incertitudes*).

10.3.5 Exhaustivité, série temporelle, AQ/CQ et établissement de rapports

Pour être exhaustif, il faudra prendre en compte toutes les grandes catégories animales du pays. Si l'on ne dispose pas de données par défaut ni de directives pour certains animaux inclus dans l'inventaire, les estimations de leurs émissions devront être élaborées suivant les principes généraux présentés à la section 10.2.

Il faudra veiller à employer des ensembles d'estimations cohérents dans le temps des facteurs de conversion du CH₄. Dans certains cas, on pourra devoir modifier les facteurs de conversion du méthane dans le temps. Ces variations peuvent être dues à la mise en place de mesures explicites d'atténuation des gaz à effet de serre (GES) ou à des changements de pratiques agricoles comme l'alimentation ou d'autres facteurs de gestion n'ayant rien à voir avec les GES. Mais quels que soient les motifs du changement, les données et les facteurs de conversion du méthane utilisés pour estimer les émissions devront refléter les changements des pratiques agricoles. Si les facteurs de conversion du méthane d'une série temporelle sont affectés par un changement de pratiques de gestion et/ou la mise en place de mesures d'atténuation des GES, les compilateurs d'inventaires devront veiller à ce que les données d'inventaire reflètent ces pratiques. L'inventaire devra expliquer précisément l'impact des changements de pratiques de gestion et/ou de la mise en place de mesures d'atténuation sur la série temporelle des facteurs de conversion du méthane. Des recommandations générales relatives aux *bonnes pratiques* d'élaboration de séries temporelles cohérentes sont fournies au chapitre 5 du volume 1 (*Cohérence des séries temporelles*).

Il est conforme aux *bonnes pratiques* d'effectuer des contrôles de la qualité comme souligné dans le chapitre 6 du volume 1 (*Assurance de la qualité/contrôle de la qualité et vérifications*). En plus des directives du volume 1, des procédures spécifiques pertinentes à cette catégorie de source sont présentées ci-dessous :

Vérification des données d'activités

- Les compilateurs d'inventaires devront revoir les méthodes de rassemblement des données sur le bétail, notamment pour vérifier si les données correspondant aux sous-espèces de bétail ont été rassemblées et agrégées correctement. Les données devront être vérifiées par recoupements avec d'autres années afin de s'assurer qu'elles sont raisonnables et qu'elles correspondent aux tendances attendues. Les compilateurs d'inventaires devront documenter toute méthode de rassemblement des données, identifier tout biais potentiel et évaluer la représentativité des données. À cette approche, il pourra être utile de modéliser la population.

Révision des facteurs d'émissions

- Si des méthodes de niveau 2 ou 3 sont employées, les compilateurs d'inventaires devront vérifier les facteurs spécifiques au pays par recoupement avec les valeurs par défaut du GIEC. Les principales différences entre les facteurs spécifiques au pays et les facteurs par défaut devront être expliquées et documentées.

Révision externe

- Si des méthodes de niveau 2 ou 3 sont employées, on encourage les compilateurs d'inventaires à mener une révision experte au niveau national et international, y compris auprès d'experts de l'industrie, d'universités et autres.
- Il faudra conserver des archives internes des révisions effectuées.

Pour améliorer la transparence, il faudra préciser les données sur les activités et les facteurs d'émissions utilisés pour déterminer les estimations des émissions de cette catégorie de source.

Il faudra documenter les informations suivantes :

- Toutes données sur les activités y compris les données relatives à la population animale par catégorie et par région.
- Toute documentation relative aux données sur les activités, y compris :
 - (i) Les sources de toutes les données sur les activités utilisées pour les calculs (c'est-à-dire la référence complète de la base de données statistique de laquelle sont tirées les données) ;
 - (ii) Les informations et hypothèses utilisées pour élaborer les données sur les activités, lorsque les données sur les activités n'étaient pas directement disponibles dans des bases de données ; et
 - (iii) La fréquence du rassemblement de données, et des estimations d'exactitude et de précision.
- Avec une méthode de niveau 1, tous les facteurs d'émissions par défaut utilisés lors de l'estimation des émissions des catégories animales spécifiques.

- À la méthode de niveau 2 :
 - (i) Les valeurs de Y_m ;
 - (ii) Les valeurs de la DA estimées ou tirées d'autres études ; et
 - (iii) La documentation complète des données utilisées y compris leurs références.
- Aux inventaires pour lesquels on a utilisé des facteurs d'émissions nationaux ou régionaux, ou pour lesquels on emploie de nouvelles méthodes, par exemple de niveau 3, il faudra documenter précisément la base scientifique des facteurs d'émissions et les principes sous-jacents à la nouvelle méthode. La documentation devra inclure la définition des paramètres d'entrées et la description des principes et du processus de dérivation des méthodes et facteurs d'émissions, ainsi que la description des sources et de l'ampleur de l'incertitude.

10.4 ÉMISSIONS DE METHANE DUES A LA GESTION DU FUMIER

La présente section décrit des procédures d'estimation du CH_4 produit lors du stockage et du traitement du fumier, et de son application sur des pâturages. Le terme « fumier » est ici employé pour décrire à la fois les fèces et l'urine (c'est-à-dire les solides et les liquides) produits par le bétail. Les émissions associées au brûlage de fèces comme combustible doivent être incluses au volume 2 (*Énergie*), ou au volume 5 (*Déchets*) si elles sont brûlées sans récupération d'énergie. La décomposition du fumier dans des conditions anaérobies (c'est-à-dire en l'absence d'oxygène), pendant le stockage et le traitement, produit du CH_4 . Ce type de conditions existe surtout lorsqu'on gère un grand nombre d'animaux dans des lieux clos (par exemple les fermes laitières, les parcs d'engraissement des bœufs et les fermes d'élevage de volailles et de cochons), et lorsque le fumier est éliminé dans des systèmes liquides. Les émissions de CH_4 liées au traitement et au stockage du fumier sont incluses à la section *Gestion du fumier*.

Les facteurs d'influence des émissions de CH_4 sont la quantité de fumier produite et la proportion de fumier qui se décompose de manière anaérobie. La quantité de fumier dépend du taux de production de déchets par animal et du nombre d'animaux ; la proportion de fumier décomposée en anaérobie dépend du type de gestion du fumier. Lorsqu'on stocke ou traite le fumier sous forme liquide (par exemple dans des étangs, mares, bassins ou fosses), il se décompose de manière anaérobie et peut produire une quantité significative de CH_4 . La température et le temps de rétention de l'unité de stockage affectent beaucoup la quantité de méthane produite. Lorsqu'on gère le fumier en tant que solide (c'est-à-dire en tas ou piles) ou lorsqu'on le dépose sur des pâturages et des parcours, il a tendance à se décomposer dans des conditions plus aérobies et produit moins de CH_4 .

10.4.1 Choix de la méthode

Trois niveaux d'estimation des émissions de CH_4 dues au fumier du bétail existent. Le diagramme décisionnel 10.3 propose des recommandations permettant de déterminer le niveau approprié.

Niveau 1

Méthode d'estimation des émissions simplifiée ne nécessitant que les données relatives aux populations de bétail par espèce/catégorie animale et les régions climatiques ou la température, en plus des facteurs d'émissions par défaut du GIEC. Puisque certaines émissions dues aux systèmes de gestion du fumier dépendent beaucoup des températures, il faudra, selon les *bonnes pratiques*, estimer la température annuelle moyenne associée aux sites de gestion du fumier.

Niveau 2

Méthode plus complexe d'estimation des émissions de CH_4 dues à la gestion du fumier, à utiliser lorsqu'une espèce/catégorie de bétail donnée est responsable d'une partie importante des émissions du pays. Avec cette méthode, on devra disposer d'informations précises sur les caractéristiques des animaux et les pratiques de gestion du fumier, qu'on utilisera pour développer des facteurs d'émissions spécifiques aux conditions du pays.

Niveau 3

Certains pays où les émissions imputables au bétail sont très importantes pourront souhaiter pousser plus loin que la méthode de niveau 2, et élaborer des modèles de méthodologies spécifiques au pays ou utiliser des approches basées sur des mesures afin de quantifier les facteurs d'émissions.

La méthode choisie dépendra des données disponibles et des circonstances nationales. Selon les *bonnes pratiques* d'estimation des émissions de CH_4 dues aux systèmes de gestion du fumier, on cherchera à faire tous

les efforts possibles pour utiliser la méthode de niveau 2, y compris en calculant les facteurs d'émissions à l'aide d'informations spécifiques au pays. La méthode de niveau 1 ne devra être utilisée que s'il est absolument impossible de choisir le niveau 2 et/ou si l'on a déterminé que cette source n'était pas une catégorie ou sous-catégorie clé.

Quelle que soit la méthode choisie, la population animale devra tout d'abord être divisée en catégories (voir section 10.2) reflétant les diverses quantités de fumier produites par animal.

Les quatre étapes suivantes sont employées pour estimer les émissions de CH₄ dues à la gestion du fumier:

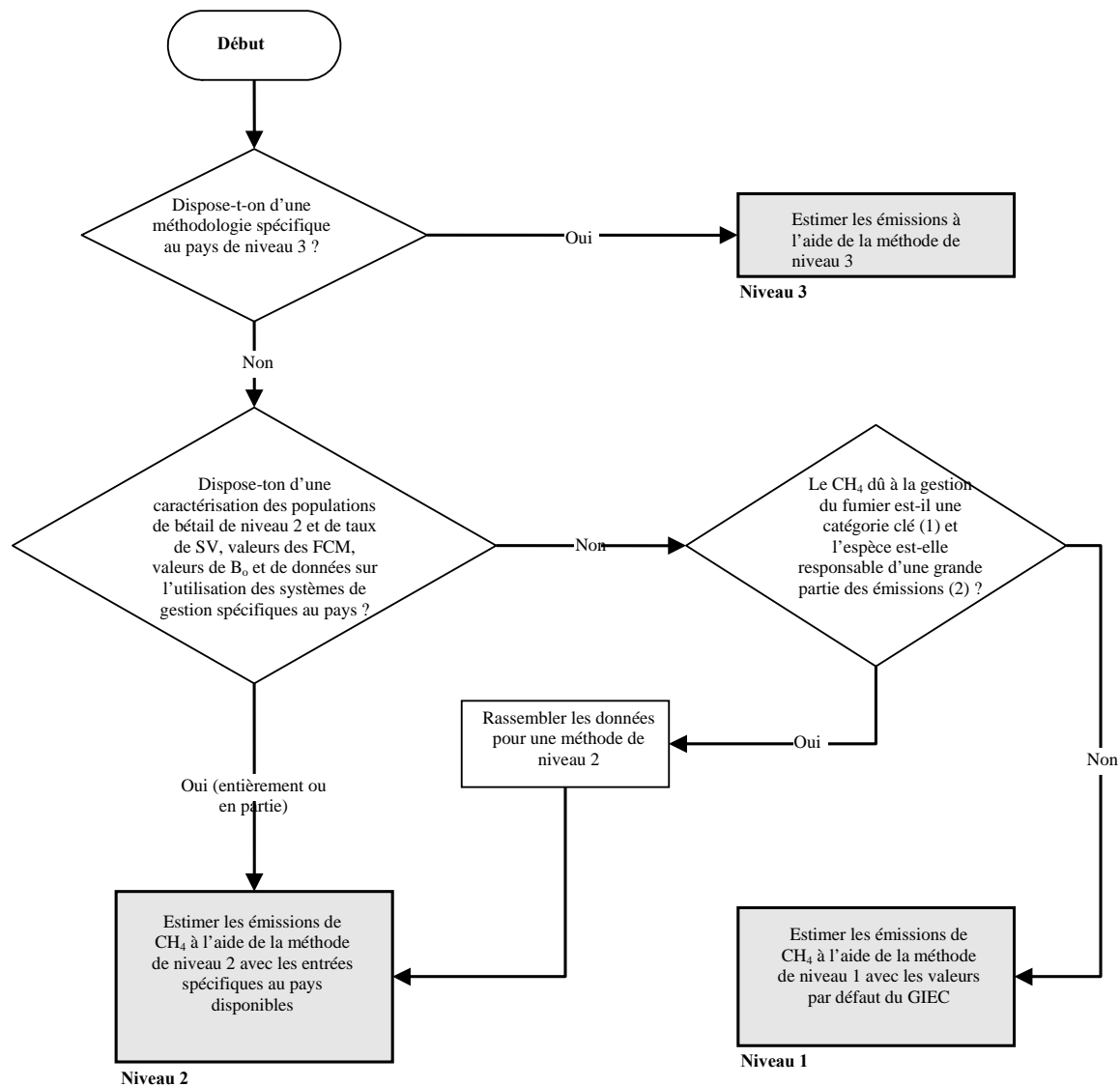
Étape 1 : Rassembler les données correspondant aux populations de bétail à partir de la caractérisation du bétail (voir section 10.2).

Étape 2 : Utiliser des valeurs par défaut ou développer des facteurs d'émissions spécifiques au pays pour tous les sous-groupes de bétail en termes de kilogrammes de méthane par animal et par an.

Étape 3 : Multiplier les facteurs d'émissions du sous-groupe de bétail par la population du sous-groupe afin d'obtenir une estimation des émissions du sous-groupe, et additionner tous les sous-groupes pour obtenir les émissions totales par espèces de bétail principales.

Étape 4 : Additionner les émissions de toutes les espèces de bétail définies pour déterminer les émissions nationales.

Figure 10.3 Diagramme décisionnel pour les émissions de CH₄ dues à la gestion du fumier



Notes :

- (1) Lire le chapitre 4 du volume 1 (*Choix méthodologique – Identification des catégories clés*) et particulièrement la section 4.1.2 traitant des ressources limitées, pour une discussion des catégories clés et de l'emploi des diagrammes décisionnels.
- (2) On suppose empiriquement qu'une espèce de bétail sera significative si elle est responsable d'au moins 25 à 30 % des émissions de la catégorie de source.

L'équation 10.22 propose un calcul des émissions de CH₄ dues à la gestion du fumier :

ÉQUATION 10.22
ÉMISSIONS DE CH₄ DUES A LA GESTION DU FUMIER

$$CH_{4\text{fumier}} = \sum_{(T)} \frac{(FE_{(T)} \cdot N_{(T)})}{10^6}$$

Où :

CH_{4fumier} = émissions de CH₄ dues à la gestion du fumier, pour une population définie, Gg CH₄ an⁻¹

FE_(T) = facteur d'émissions de la catégorie de bétail définie, kg CH₄ tête⁻¹ an⁻¹

N_(T) = nombre de têtes de l'espèce de bétail/catégorie T dans le pays

T = espèce/catégorie de bétail

10.4.2 Choix des facteurs d'émission

Le meilleur moyen de déterminer les facteurs d'émissions est d'effectuer des mesures non effractives et non perturbatrices des émissions dans des systèmes réels représentatifs de ceux du pays. On pourra ensuite utiliser ces résultats de terrain pour développer des modèles d'estimation des facteurs d'émissions (niveau 3). Ce type de mesures est difficile à mener, et exige qu'on dispose de ressources et d'expertise importantes ; on pourra manquer de matériel. En conséquence, si l'on recommande ce type d'approche pour améliorer l'exactitude, les *bonnes pratiques* ne l'exigent pas. La présente section propose deux options pour le développement de facteurs d'émissions, le choix des facteurs d'émissions dépendant de la méthode choisie (c'est-à-dire niveau 1 ou niveau 2) pour estimer les émissions.

Niveau 1

Avec la méthode de niveau 1, on utilise les facteurs d'émissions du méthane par catégorie et sous-catégorie de bétail. Les facteurs d'émissions par défaut par température annuelle moyenne se trouvent aux tableaux 10.14, 10.15 et 10.16 pour toutes les sous-catégories de populations recommandées. Ces facteurs d'émissions représentent la plage de teneurs en solides volatils du fumier et de pratiques de gestion du fumier utilisées dans chaque région, ainsi que les différentes émissions en fonction des températures. Les tableaux 10A-4 à 10A-9 de l'annexe 10A.2 présentent les hypothèses sous-jacentes utilisées pour chaque région. Les pays ayant choisi une méthode de niveau 1 d'estimation des émissions de méthane dues à la gestion du fumier devront revoir les variables régionales de ces tableaux afin d'identifier la région la plus proche de la leur en matière de production animale, et utiliser les facteurs d'émissions par défaut de cette région.

Les facteurs d'émissions par défaut des bovins, suidés et buffles par régions et selon les températures se trouvent au tableau 10.14. La liste des facteurs d'émissions est dressée en fonction des températures annuelles moyennes de la zone climatique de la gestion du fumier du bétail. Les données relatives à la température devront se baser sur les statistiques météorologiques nationales disponibles. Les pays devront estimer le pourcentage de populations animales vivant dans différentes zones de températures et calculer un facteur d'émissions moyen pondéré. La température annuelle moyenne du pays entier pourra être utilisée si ces données ne sont pas disponibles ; néanmoins les estimations des émissions obtenues ainsi seront probablement peu sensibles aux variations des températures (par exemple, systèmes liquides/lisiers).

Les tableaux 10.15 et 10.16 présentent les facteurs d'émissions par défaut pour la gestion du fumier pour d'autres espèces animales. Des facteurs d'émissions séparés pour les pays développés et en voie de développement sont présentés au tableau 10.15 ; ceci permet d'observer les différences générales entre les régimes et les caractéristiques alimentaires des animaux des deux types de pays. Sauf pour la volaille « pondueuses (liquide) », ces facteurs d'émissions reflètent le fait que presque tout le fumier de ces animaux est géré en systèmes « secs », y compris sur des pâturages et des parcours, dans des parcs d'élevage ou par l'épandage quotidien sur le terrain (Woodbury et Hashimoto, 1993).

TABLEAU 10.14
FACTEURS D'ÉMISSIONS DE METHANE DUES A LA GESTION DU FUMIER PAR TEMPERATURES POUR LES BOVINS, SUIDES ET BUFFLES^A
(KG CH₄ TETE⁻¹ AN⁻¹)

Caractéristiques régionales	Espèce de bétail	facteurs d'émissions de CH ₄ par température annuelle moyenne (°C) ^b																		
		Froid					Tempéré										Chaud			
		≤ 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	≥ 28
Amérique du Nord : Systèmes liquides fréquemment utilisés pour les vaches laitières et les suidés matures. Le fumier des autres bovins est généralement géré sous forme solide et déposé sur des pâturages ou parcours	Vaches laitières	48	50	53	55	58	63	65	68	71	74	78	81	85	89	93	98	105	110	112
	Autres bovins	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Suidés de marché	10	11	11	12	12	13	13	14	15	15	16	17	18	18	19	20	22	23	23
	Suidés de reproduction	19	20	21	22	23	24	26	27	28	29	31	32	34	35	37	39	41	44	45
Europe de l'Ouest : Systèmes de stockage liquides/lisiers ou en fosses fréquemment utilisés pour le fumier des bovins et des suidés. Quelques terres cultivées disponibles pour l'épandage du fumier.	Vaches laitières	21	23	25	27	29	34	37	40	43	47	51	55	59	64	70	75	83	90	92
	Autres bovins	6	7	7	8	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20	21	24	25	26
	Suidés de marché	6	6	7	7	8	9	9	10	11	11	12	13	14	15	16	18	19	21	21
	Suidés de reproduction	9	10	10	11	12	13	14	15	16	17	19	20	22	23	25	27	29	32	33
	Buffles	4	4	5	5	5	6	7	7	8	9	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Europe de l'Est : Systèmes basés sur les solides utilisés pour la majorité du fumier. Environ un tiers du fumier du bétail est géré en systèmes liquides.	Vaches laitières	11	12	13	14	15	20	21	22	23	25	27	28	30	33	35	37	42	45	46
	Autres bovins	6	6	7	7	8	9	10	11	11	12	13	14	15	16	18	19	21	23	23
	Suidés de marché	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	10	10	10
	Suidés de reproduction	4	5	5	5	5	6	7	7	7	8	8	9	9	10	11	12	16	17	17
	Buffles	5	5	5	6	6	7	8	8	9	10	11	11	12	13	15	16	17	19	19
Océanie : La majeure partie du fumier des bovins est gérée en tant que solide sur les pâturages ou parcours, sauf pour les vaches laitières où l'on utilise parfois des bassins. Environ la moitié du fumier des suidés est gérée dans des bassins anaérobies.	Vaches laitières	23	24	25	26	26	27	28	28	28	29	29	29	29	29	30	30	31	31	31
	Autres bovins	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Suidés de marché	11	11	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
	Suidés de reproduction	20	20	21	21	22	22	23	23	23	23	23	24	24	24	24	24	24	24	24
Amérique latine : La quasi-totalité du fumier du bétail est gérée en tant que solides sur les pâturages et parcours. Le fumier de buffle est déposé sur les pâturages et parcours.	Vaches laitières	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
	Autres bovins	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Suidés	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
	Buffles	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2

TABLEAU 10.14
FACTEURS D'ÉMISSIONS DE METHANE DUES A LA GESTION DU FUMIER PAR TEMPERATURES POUR LES BOVINS, SUIDÉS ET BUFFLES^A
(KG CH₄ TETE⁻¹ AN⁻¹)

Caractéristiques régionales	Espèce de bétail	facteurs d'émissions de CH ₄ par température annuelle moyenne (°C) ^b																				
		Froid					Tempéré										Chaud					
		≤ 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	≥ 28		
Afrique : La plupart du fumier du bétail est géré en tant que solides sur les pâturages et parcours. Une partie plus petite, mais significative, est brûlée comme combustible.	Vaches laitières	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Autres bovins	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Suidés	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
Moyen-Orient : Plus des deux tiers du fumier des bovins sont déposés sur les pâturages et parcours. Environ un tiers du fumier des suidés est géré en systèmes liquides. Le fumier de buffles est brûlé en tant que combustible ou géré sous forme solide.	Vaches laitières	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
	Autres bovins	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Suidés	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5	6	5	5	6
	Buffles	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Asie : Environ la moitié du fumier de bovins est utilisée en tant que combustible, le reste étant géré en systèmes secs. Près de 40 % du fumier des suidés est géré sous forme liquide. Le fumier de buffle est géré en parcs d'élevage et déposé sur les pâturages et parcours.	Vaches laitières	9	10	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20	21	23	24	26		28	31	31	
	Autres bovins	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Suidés	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6		6	7	7	
	Buffles	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Sous-continent indien : Environ la moitié du fumier de bovins et de buffles est utilisée en tant que combustible, le reste étant géré en systèmes secs. Près d'un tiers du fumier des suidés est géré sous forme liquide.	Vaches laitières	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	
	Autres bovins	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	Suidés	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5		6	6	6	
	Buffles	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	

Source : Voir aux tableaux 10A-4 à 10A-8 de l'annexe 10A.2 le calcul de ces facteurs d'émissions.

La plage d'incertitude de ces facteurs d'émissions est de ± 30 %.

a Lors du choix du facteur d'émissions par défaut, veiller à consulter les tableaux de l'annexe 10A.2 relatifs à la distribution des systèmes de gestion du fumier et des caractéristiques des déchets animaux employée pour estimer les émissions. Choisir le facteur d'émissions de la région dont les caractéristiques sont les plus proches.

b Toutes les températures des régions ne sont pas forcément représentées. Par exemple, il n'y a pas de zones particulièrement chaudes en Europe de l'Ouest ou de l'Est. De même, il n'y a pas de zones particulièrement froides en Afrique et au Moyen-Orient.

Note : Il n'y a pas de populations importantes de buffles en Amérique du nord, Océanie ou en Afrique.

TABLEAU 10.15
FACTEURS D'ÉMISSIONS DE METHANE DUES A LA GESTION DU FUMIER PAR TEMPERATURES POUR LES CHEVRES, CHAMEAUX, CHEVAUX, MULES ET ANES, ET VOLAILLE^A
(KG CH₄ TETE⁻¹ AN⁻¹)

Bétail	facteurs d'émissions de CH₄ par température annuelle moyenne (°C)		
	Froid (< 15 °C)	Tempéré (15 à 25 °C)	Chaud (> 25 °C)
Moutons			
Pays développés	0,19	0,28	0,37
Pays en voie de développement	0,10	0,15	0,20
Chèvres			
Pays développés	0,13	0,20	0,26
Pays en voie de développement	0,11	0,17	0,22
Chameaux			
Pays développés	1,58	2,37	3,17
Pays en voie de développement	1,28	1,92	2,56
Chevaux			
Pays développés	1,56	2,34	3,13

TABLEAU 10.15 (SUITE)
FACTEURS D'ÉMISSIONS DE METHANE DUES A LA GESTION DU FUMIER PAR TEMPERATURES POUR LES CHEVRES, CHAMEAUX, CHEVAUX, MULES ET ANES, ET VOLAILLE^A
(KG CH₄ TETE⁻¹ AN⁻¹)

Bétail	facteurs d'émissions de CH ₄ par température annuelle moyenne (°C)		
	Froid (< 15 °C)	Tempéré (15 à 25 °C)	Chaud (> 25 °C)
Pays en voie de développement	1,09	1,64	2,19
Mules et ânes			
Pays développés	0,76	1,10	1,52
Pays en voie de développement	0,60	0,90	1,20
Volaille			
Pays développés			
Pondeuses (sec) ^b	0,03	0,03	0,03
Pondeuses (humide) ^b	1,2	1,4	1,4
Poulets	0,02	0,02	0,02
Dindes	0,09	0,09	0,09
Canards	0,02	0,03	0,03
Pays en voie de développement	0,01	0,02	0,02

La plage d'incertitude de ces facteurs d'émissions est de $\pm 30\%$.

Sources : Facteurs d'émissions tirés de : valeurs de la consommation d'alimentation et digestibilité de l'alimentation utilisés pour développer les facteurs d'émissions de la fermentation entérique (voir annexe 10A.1) ; excepté la volaille des pays développés, facteur de conversion du méthane (FCM) et valeurs de production maximale de méthane (B₀) tirées de Woodbury et Hashimoto (1993). La volaille des pays développés a été subdivisée en cinq catégories. Les poudeuses (sec) représentent les poudeuses en système de gestion des déchets « sans litière » ; les poudeuses (humides) représentent les poudeuses en système de gestion des déchets en bassins anaérobies. Pour les poudeuses, les solides volatils (SV) sont des valeurs tirées d'USDA (1996) ; les valeurs types de la masse animale proviennent d'ASAE (1999) ; et les valeurs de B₀ des poudeuses sont tirées de Hill (1982). Pour les poulets et les dindes, les valeurs de B₀ sont tirées de Hill (1984) ; les valeurs types de la masse animale proviennent d'ASAE (1999) ; et les valeurs des SV sont tirées d'USDA (1996). Les valeurs de B₀ pour les canards ont été transférées à partir des poulets et des dindes ; les valeurs types de la masse animale proviennent de MWPS-18 ; et les valeurs des SV sont tirées de USDA, AWMFH. La masse type des moutons, chèvres et chevaux, les valeurs des SV et de B₀ des chèvres et des chevaux des pays développés ont été mises à jour suivant l'analyse des inventaires des GES des pays de l'annexe I. On suppose que tout le fumier hormis celui des poudeuses (humide) est géré en systèmes secs, ce qui correspond à l'utilisation des systèmes de gestion du fumier indiquée dans Woodbury et Hashimoto (1993).

a. Lors du choix du facteur d'émissions par défaut, veiller à consulter les tableaux de l'annexe 10A.2 relatifs à la distribution des systèmes de gestion du fumier et des caractéristiques des déchets animaux employées pour estimer les émissions. Choisir le facteur d'émissions de la région dont les caractéristiques sont les plus proches.

b. Élevage de poudeuses avec gestion sèche du fumier.

c. Élevage de poudeuses avec gestion liquide du fumier, comme lors du stockage en bassins anaérobies.

TABLEAU 10.16 FACTEURS D'ÉMISSIONS DE METHANE DUES A LA GESTION DU FUMIER POUR LES CERVIDES, RENNES, LAPINS ET ANIMAUX A FOURRURE	
Bétail	facteur d'émissions de CH₄ (kg CH₄-tête⁻¹ an⁻¹)
Cervidés ^a	0,22
Rennes ^b	0,36
Lapins ^c	0,08
Animaux à fourrure (par ex., renards, visons) ^b	0,68
La plage d'incertitude de ces facteurs d'émissions est de ± 30 %.	
a Sneath <i>et al.</i> (1997)	
b Estimations tirées de l'université agricole de Norvège, institut de chimie et de biotechnologie, département microbiologie.	
c Opinion du groupe d'experts GIEC	

Niveau 2

La méthode de niveau 2 s'applique lorsque la gestion du fumier est une source clé ou lorsque les données utilisées pour développer les valeurs par défaut ne correspondent pas bien au bétail du pays et à ses conditions de gestion du fumier. Puisque les caractéristiques des bovins, buffles et suidés et des systèmes de gestion du fumier peuvent beaucoup varier en fonction des pays, les pays où cette population d'animaux est large devront penser à utiliser une méthode de niveau 2 pour l'estimation des émissions de méthane. La méthode de niveau 2 se base beaucoup sur deux types d'entrées primaires qui affectent le calcul des facteurs d'émissions de méthane dues au fumier :

Caractéristiques du fumier : Inclut la quantité de solides volatils (SV) produite dans le fumier et la quantité maximum de méthane capable d'être produite par ce fumier (B_0). La production de SV de fumier peut être estimée en fonction de la consommation d'alimentation et de la digestibilité, qui sont les variables également utilisées pour développer les facteurs d'émissions de niveau 2 de la fermentation entérique. Autre option, tirer les taux de production des SV de mesures en laboratoires du fumier du bétail. B_0 varie en fonction des espèces animales et du régime alimentaire, et représente un rendement en méthane théorique basé sur la quantité de SV dans le fumier. Le matériau de la litière (paille, sciure, copeaux, etc.) n'est pas inclus dans les SV modélisés à la méthode de niveau 2. Le type de matériau et son utilisation sont très variables en fonction des pays. Puisqu'ils sont généralement associés à des systèmes de stockage solide, leur contribution ne peut généralement pas ajouter de quantité significative de méthane.

Caractéristiques des systèmes de gestion du fumier : Inclut les types de systèmes utilisés pour gérer le fumier et un facteur de conversion du méthane spécifique au système (FCM), qui reflète la portion de B_0 atteinte. On utilise des évaluations régionales des systèmes de gestion du fumier pour estimer la portion de fumier traitée par technique de gestion du fumier. Une description des systèmes de gestion du fumier est incluse au tableau 10.18. Le FCM du système varie en fonction de la façon de gérer le fumier et du climat, et peut aller, en théorie, de 0 à 100 %. La température et la durée de rétention jouent toutes deux un rôle important pour le calcul du FCM. Le fumier géré en tant que liquide dans des conditions chaudes pendant une durée de temps assez longue entraîne une formation importante de méthane. Ces conditions de gestion du fumier peuvent présenter des FCM élevés, allant de 65 à 80 %. Le fumier géré en tant que matériau sec dans les climats froids ne produit pas facilement de méthane et en conséquence présente un FCM d'environ 1 %.

Développer des facteurs d'émissions de niveau 2 implique la détermination d'un FCM moyen pondéré à l'aide des estimations du fumier géré par systèmes de déchets dans toutes les régions climatiques. Le FCM moyen est ensuite multiplié par le taux d'excrétion des SV et la B_0 des catégories de bétail. L'estimation se lit ainsi sous forme d'équation :

ÉQUATION 10.23
FACTEUR D'ÉMISSIONS DE CH₄ DUES A LA GESTION DU FUMIER

$$FE_{(T)} = (SV_{(T)} \cdot 365) \cdot \left[B_{o(T)} \cdot 0,67 \text{ kg} / \text{m}^3 \cdot \sum_{S,k} \frac{FCM_{S,k}}{100} \cdot GF_{(T,S,k)} \right]$$

Où :

$FE_{(T)}$ = facteur d'émissions de CH₄ de la catégorie de bétail T , kg CH₄ animal⁻¹ an⁻¹

$SV_{(T)}$ = solides volatils quotidiennement excrétés par la catégorie de bétail T , kg matière sèche animal⁻¹ jour⁻¹

365 = base du calcul annuel de production de SV, jours an⁻¹

$B_{o(T)}$ = capacité maximum de production de méthane pour le fumier produit par la catégorie de bétail T , m³ CH₄ kg⁻¹ de SV excrétés

0,67 = facteur de conversion de m³ de CH₄ en kilogrammes de CH₄

$FCM_{(S,k)}$ = facteurs de conversion du méthane pour le système de gestion du fumier S par région climatique k , %

$GF_{(T,S,k)}$ = fraction de fumier de la catégorie de bétail T traitée à l'aide du système de gestion du fumier S dans la région climatique k , non dimensionnel

Si le niveau de précision requis par la méthode de niveau 2 n'est pas possible dans certains pays, on pourra améliorer les estimations d'émissions en utilisant des éléments de données spécifiques au pays comme la masse animale, l'excrétion de SV et autres. S'il n'existe de données spécifiques au pays que pour certaines de ces variables, on encourage les pays à calculer des facteurs d'émissions spécifiques au pays à l'aide des données des tableaux 10A-4 à 10A-9 afin de remplir les trous.

On pourra mettre en place des programmes de mesures permettant d'améliorer les estimations. Les mesures des émissions dues aux systèmes de gestion du fumier seront notamment utiles pour vérifier les FCM. Il faudra aussi faire des mesures de la B_o du bétail des régions tropicales et pour divers régimes alimentaires afin de pouvoir étendre la représentativité des facteurs par défaut.

Puisque les émissions peuvent beaucoup varier en fonction des régions et des espèces/catégories de bétail, les estimations d'émissions devront refléter autant que faire se peut la diversité et les différentes populations animales ainsi que les pratiques de gestion du fumier existant dans différentes régions du pays. Pour ce faire, on pourra devoir effectuer des estimations séparées pour chaque région. Il faudra mettre à jour périodiquement les facteurs d'émissions afin de prendre en compte les changements de caractéristiques du fumier et les pratiques de gestion. Ces modifications devront se baser sur des données scientifiques. En outre, il est recommandé d'effectuer des contrôles fréquents permettant de vérifier les paramètres modèles clés et de suivre les modifications des tendances de l'industrie du bétail.

Taux d'excrétion de SV

Les solides volatils (SV) sont le matériau organique du fumier du bétail et sont formés d'éléments biodégradables et non biodégradables. La valeur nécessaire à l'équation 10.23 est le total de SV (éléments biodégradables et non biodégradables) excrété par chaque espèce animale, puisque les valeurs de B_o se basent sur le total des SV entrant dans les systèmes. La meilleure façon d'obtenir les taux quotidiens moyens de SV est d'utiliser des données publiées dans le pays. Si l'on ne dispose pas des taux d'excrétion de SV quotidiens moyens, on pourra estimer les taux d'excrétion des SV spécifiques au pays à partir des niveaux de consommation d'alimentation. La consommation d'alimentation des bovins et des buffles peut être estimée à l'aide de la méthode de caractérisation « avancée » décrite à la section 10.2, car elle permet d'avoir des données cohérentes pour les estimations des émissions. Pour les suidés, on pourra avoir besoin des données relatives aux élevages de cochons pour estimer la consommation d'alimentation.

La teneur en SV du fumier égale la fraction du régime alimentaire consommée non digérée et donc excrétée en tant que matière fécale ; avec la miction, ceci constitue le fumier. Les pays devront estimer la consommation d'énergie brute (EB) (équation 10.16, section 10.2) et sa digestibilité fractionnelle (DA) lors de l'estimation des émissions entériques de méthane.

Une fois obtenue cette estimation, le taux d'excrétion des SV sera estimé ainsi :

ÉQUATION 10.24
TAUX D'EXCRETION DES SOLIDES VOLATILS

$$SV = \left[EB \cdot \left(1 - \frac{DA\%}{100} \right) + (EU \cdot EB) \right] \cdot \left[\left(\frac{1 - CENDRE}{18,45} \right) \right]$$

Où :

SV = excrétion de solides volatils par jour sur la base de la matière organique sèche, kg SV jour⁻¹

EB = consommation d'énergie brute, MJ jour⁻¹

DA % = digestibilité de l'alimentation en pourcentage (par exemple 60 %)

(EU • EB) = énergie urinaire exprimée en tant que fraction de l'EB. En général la plupart des ruminants présentent une énergie urinaire de 0,04 EB (réduire à 0,02 pour les ruminants nourris à un régime de 85 % minimum de céréales ou pour les suidés). Si possible, utiliser des valeurs spécifiques au pays.

CENDRE = teneur en cendres du fumier, calculée en tant que fraction de la consommation de matière sèche de l'alimentation (par exemple 0,08 pour les bovins). Si possible, utiliser des valeurs spécifiques au pays.

18,45 = facteur de conversion pour l'EB du régime alimentaire par kg de matière sèche (MJ kg⁻¹). Cette valeur est relativement constante pour de nombreux types d'alimentation basés sur le fourrage ou les céréales, fréquemment consommés par le bétail.

Les valeurs représentatives de la DA % pour diverses catégories de bétail sont fournies au tableau 10.2 de la section 10.2 du présent rapport. La valeur de la fraction de teneur en cendres peut varier beaucoup entre les différents types de bétail et devra refléter les circonstances nationales.

Valeurs de B_o

Les capacités maximum de production de méthane du fumier (B_o) varient en fonction des espèces et du régime alimentaire. Pour obtenir des valeurs mesurées de B_o, la meilleure méthode est d'utiliser des données de sources publiées nationalement, mesurées selon une méthode standard. Il est important de normaliser la mesure de B_o, y compris la méthode d'échantillonnage, et de confirmer le fait que la valeur est basée sur le total en tant que SV tels qu'excrétés ou SV biodégradables, puisque les calculs de niveau 2 se basent sur le total de SV tels qu'excrétés. Si les valeurs des mesures de B_o spécifiques au pays ne sont pas disponibles, des valeurs par défaut se trouvent dans les tableaux 10A-4 à 10A-9.

FCM

Le tableau 10.17 présente des facteurs de conversion du méthane par défaut pour différents systèmes de gestion du fumier et en fonction des températures annuelles moyennes. Les FCM sont déterminés pour un système de gestion du fumier spécifique et représentent le degré d'obtention de B_o. La quantité de méthane générée par un système de gestion du fumier spécifique est influencée par la présence plus ou moins importante de conditions anaérobies, la température du système et la durée de rétention du matériau organique dans le système. Le tableau 10.17 présente des valeurs par défaut des FCM des bassins, et inclut des durées de rétention plus longues, qui sont donc plus élevées que celles d'autres systèmes dans la plupart des circonstances.

Puisque les systèmes liquides sont très sensibles aux influences de la température, le tableau 10.17 présente si possible les valeurs par défaut des FCM de ces systèmes en fonction de températures annuelles moyennes pour chaque plage climatique. Si ces plages de températures devraient permettre de couvrir la plupart des conditions climatiques, on devra utiliser les valeurs de fin de plage (soit, 10 ou 28 degrés) pour les zones présentant des températures annuelles moyennes extrêmement élevées ou basses hors plage de 10 à 28 degrés Celsius, ou faire des recherches permettant de développer des valeurs spécifiques au pays.

Ces valeurs par défaut pourront ne pas comprendre les variations potentiellement grandes entre les catégories définies et les systèmes de gestion. On devra donc, si possible, développer des FCM spécifiques au pays reflétant les systèmes de gestion spécifiques de pays particuliers. Ceci sera particulièrement important pour les pays disposant de populations animales vastes ou de régions climatiques multiples, auquel cas on devra si possible mener des mesures sur le terrain dans toutes les régions climatiques afin de remplacer les valeurs par défaut des FCM. Les facteurs suivants devront être inclus dans les mesures :

- Moment du stockage/application ;
- Caractéristiques des animaux et de l'alimentation sur les sites des mesures (voir à la section 10.2 le type de données pertinentes) ;
- Durée du stockage ;
- Caractéristiques du fumier (par exemple concentrations influentes ou effluentes de SV dans les systèmes liquides) ;
- Détermination de la quantité de fumier laissée au lieu de stockage (inoculum méthanogène) ;
- Distribution horaire et en matière de températures entre stockages en intérieur et en extérieur ;
- Fluctuation quotidienne des températures ; et
- Variations saisonnières des températures.

TABLEAU 10.17
VALEURS DES FCM PAR TEMPERATURES POUR LES SYSTEMES DE GESTION DU FUMIER

Système ^a	FCM par température annuelle moyenne (°C)																			Source et observations	
	Froid					Tempéré										Chaud					
	≤ 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	≥ 28		
Pâturages/parcours/parcelles	1,0%					1,5%										2,0%				Opinion du groupe d'experts du GIEC avec Hashimoto et Steed (1994).	
Épandage quotidien	0,1%					0,5%										1,0%				Hashimoto et Steed (1993).	
Stockage solide	2,0%					4,0%										5,0%				Opinion du groupe d'experts du GIEC avec Amon <i>et al.</i> (2001), qui montre des émissions d'environ 2 % en hiver et 4 % en été. Climat chaud basé sur l'opinion du groupe d'experts GIEC et Amon <i>et al.</i> (1998).	
Parc d'élevage	1,0%					1,5%										2,0%				Opinion du groupe d'experts du GIEC avec Hashimoto et Steed (1994).	
Liquide/lisier	Avec écorce terrestre naturelle	10%	11%	13%	14%	15%	17%	18%	20%	22%	24%	26%	29%	31%	34%	37%	41%	44%	48%	50%	Opinion du groupe d'experts du GIEC avec Mangino <i>et al.</i> (2001) et Sommer (2000). La réduction estimée due à l'écorce terrestre naturelle (40 %) est une valeur annuelle moyenne basée sur un ensemble de données limité, et peut être très variable en fonction des températures, des précipitations et de la composition. Lorsque les bacs à lisiers sont utilisés comme digesteurs/stockage discontinu, il faudra calculer les FCM avec la formule 1.
	Sans écorce terrestre naturelle	17%	19%	20%	22%	25%	27%	29%	32%	35%	39%	42%	46%	50%	55%	60%	65%	71%	78%	80%	Opinion du groupe d'experts du GIEC avec Mangino <i>et al.</i> (2001). Lorsque les bacs à lisiers sont utilisés comme digesteurs/stockage discontinu, il faudra calculer les FCM avec la formule 1.

TABLEAU 10.17 (SUITE)																				
VALEURS DES FCM PAR TEMPERATURES POUR LES SYSTEMES DE GESTION DU FUMIER																				
Système ^a	FCM par température annuelle moyenne (°C)																		Source et observations	
	Froid					Tempéré										Chaud				
	≤ 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		≥ 28
Bassin anaérobie ouvert	66%	68%	70%	71%	73%	74%	75%	76%	77%	77%	78%	78%	78%	79%	79%	79%	79%	80%	80%	Opinion du groupe d'experts du GIEC avec Mangino <i>et al.</i> (2001). Les FCM des bassins ouverts varient en fonction de différents facteurs, y compris les températures, le temps de rétention et les pertes de solides volatils du système (par l'extraction des solides et/ou effluents du bassin).
Stockage en fosses sous l'enclos animal	< 1 mois	3%					3%										30%			Opinion du groupe d'experts du GIEC avec Moller <i>et al.</i> (2004) et Zeeman (1994). À noter que la température ambiante, et non pas la température stable, doit être utilisée pour déterminer les conditions climatiques. Lorsque les fosses sont utilisées comme digesteurs/stockage discontinu, il faudra calculer les FCM avec la formule 1.
	> 1 mois	17%	19%	20%	22%	25%	27%	29%	32%	35%	39%	42%	46%	50%	55%	60%	65%	71%	78%	80%	Opinion du groupe d'experts du GIEC avec Mangino et al. (2001). À noter que la température ambiante, et non pas la température stable, doit être utilisée pour déterminer les conditions climatiques. Lorsque les fosses sont utilisées comme digesteurs/stockage discontinu, il faudra calculer les FCM avec la formule 1.

TABLEAU 10.17 (SUITE)
VALEURS DES FCM PAR TEMPERATURES POUR LES SYSTEMES DE GESTION DU FUMIER

Système ^a	FCM par température annuelle moyenne (°C)																		Source et observations		
	Froid					Tempéré										Chaud					
	≤ 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		≥ 28	
Digesteur anaérobie	0-100%					0-100%										0-100%			Doit être subdivisé en différentes catégories en fonction de la quantité de récupération du biogaz, le torchage du biogaz et le stockage après digestion. Calculs fait avec la formule 1.		
Brûlage à des fins de combustible	10%					10%										10%			Opinion du groupe d'experts du GIEC avec Safley <i>et al.</i> (1992).		
Litière accumulée bovins et suidés	< 1 mois	3%					3%										30%			Opinion du groupe d'experts du GIEC avec Moller <i>et al.</i> (2004). Les émissions devraient être similaires, voire plus élevées qu'avec le stockage en fosses, en fonction du contenu organique et de la teneur en eau.	
Litière accumulée bovins et suidés (suite)	> 1 mois	17%	19%	20%	22%	25%	27%	29%	32%	35%	39%	42%	46%	50%	55%	60%	65%	71%	78%	80%	Opinion du groupe d'experts du GIEC avec Mangino <i>et al.</i> (2001).
Compostage en cuve ^b	0,5%					0,5%										0,5%			Opinion du groupe d'experts du GIEC avec Amon <i>et al.</i> (1998). Les FCM représentent moins de la moitié du stockage solide. Ne dépend pas des températures.		
Compostage – empilements statiques ^b	0,5%					0,5%										0,5%			Opinion du groupe d'experts du GIEC avec Amon <i>et al.</i> (1998). Les FCM représentent moins de la moitié du stockage solide. Ne dépend pas des températures.		
Compostage – andain intensif ^b	0,5%					1,0%										1,5%			Opinion du groupe d'experts du GIEC avec Amon <i>et al.</i> (1998). Les FCM représentent un peu moins que le stockage solide. Dépend moins des températures.		
Compostage – andain passif ^b	0,5%					1,0%										1,5%			Opinion du groupe d'experts du GIEC avec Amon <i>et al.</i> (1998). Les FCM représentent un peu moins que le stockage solide. Dépend moins des températures.		

TABLEAU 10.17 (SUITE)																				
VALEURS DES FCM PAR TEMPERATURES POUR LES SYSTEMES DE GESTION DU FUMIER																				
Système ^a	FCM par température annuelle moyenne (°C)																		Source et observations	
	Froid					Tempéré										Chaud				
	≤ 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		≥ 28
Fumier de volaille avec litière	1,5%					1,5%										1,5%			Opinion du groupe d'experts GIEC Les FCM sont similaires au stockage solide mais les températures sont généralement constamment chaudes.	
Fumier de volaille sans litière	1,5%					1,5%										1,5%			Opinion du groupe d'experts GIEC Les FCM sont similaires à ceux des parcs d'élevage sous climats chauds.	
Traitement aérobic	0%					0%										0%			FCM proches de zéro. Le traitement aérobic peut entraîner une accumulation de boues qui peuvent être traitées dans d'autres systèmes. Les boues doivent être extraites et possèdent de fortes valeurs de SV. Il est important d'identifier le processus suivant de gestion des boues et d'estimer les émissions de ce processus de gestion, si elles sont importantes.	
<p>Formule 1 (le calendrier des entrées devra refléter les période où le digesteur est opérationnel) :</p> $FCM = \frac{[(CH_4 \text{ prod} - CH_4 \text{ utilisé} - CH_4 \text{ brûlé} + (FCM_{\text{stockage}} / 100 * B_o * SV_{\text{stockage}} * 0,67)) / (B_o * SV_{\text{stockage}} * 0,67)] * 100}{100}$ <p>Où :</p> <p>CH₄ prod = production de méthane par le digesteur, (kg CH₄). Note : Lors de l'utilisation d'une couverture gazeuse serrée du stockage pour le fumier digéré, la production de gaz par le stockage devra être incluse.</p> <p>CH₄ utilisé = quantité de gaz méthane utilisé pour l'énergie, (kg CH₄)</p> <p>CH₄ brûlé = quantité de méthane brûlé, (kg CH₄)</p> <p>FCM_{stockage} = FCM pour le CH₄ émis lors du stockage de fumier digéré (%)</p> <p>SV_{stockage} = quantité de SV excrétés allant en stockage avant la digestion (kg SV)</p> <p>Lorsqu'on a un stockage gazeux serré : FCM_{stockage} = 0 ; autrement FCM_{stockage} = valeur des FCM pour le stockage liquide</p>																				
<p>a Définitions des systèmes de gestion du fumier : voir tableau 10.18.</p> <p>b Le compostage est l'oxydation biologique de déchets solides y compris le fumier, habituellement avec litière ou autre source de carbone organique, généralement à températures thermophiles produites par la production de chaleur microbienne.</p>																				

10.4.3 Choix des données sur les activités

Pour estimer les émissions de CH₄ dues à la gestion du fumier, deux grands types de données sur les activités existent : (1) les données sur la population animale ; et (2) les données sur les utilisations des systèmes de gestion du fumier.

Les données relatives à la population animale devront être obtenues suivant l'approche décrite à la section 10.2. La section 10.2 précise que les *bonnes pratiques* exigent une caractérisation unique fournissant les données sur les activités de toutes les sources d'émissions en fonction des données sur les populations de bétail. Il faut néanmoins noter que le niveau de désagrégation des données sur les populations de bétail requis pour estimer les émissions dues à la gestion du fumier peut différer en fonction du niveau utilisé pour d'autres sources, comme la fermentation entérique. Par exemple, pour certaines espèces/catégories de population de bétail comme les bovins, la caractérisation avancée requise par l'estimation de niveau 2 de la fermentation entérique pourrait être agrégée en plus grandes catégories suffisantes pour cette catégorie de source. Pour d'autres espèces de bétail comme les suidés, les calculs relatifs à la gestion du fumier pourraient nécessiter une plus grande désagrégation par catégories de poids que ceux de la fermentation entérique. Il faudra toutefois veiller à préserver la cohérence des catégories de bétail totales sur tout l'inventaire.

On encourage les agences chargées des inventaires dans les pays présentant des conditions climatiques variées à obtenir des données sur les populations pour toutes les zones climatiques. En outre, on devra si possible obtenir les températures moyennes annuelles associées des lieux où le fumier du bétail est géré en systèmes liquides (fosses, bassins, étangs, etc.). En effet, on pourra ainsi faire une sélection plus spécifique des facteurs par défaut ou des valeurs des FCM pour les systèmes plus sensibles aux variations de températures. Dans l'idéal, on obtiendra le décompte des populations régionales à partir de statistiques nationales publiées sur le bétail, et les données des températures à partir de statistiques météorologiques nationales. Si l'on ne dispose pas de données régionales, il faudra consulter des experts en production régionale (par exemple, lait, viande, laine) et en distribution des terres, qui pourront peut-être fournir les informations requises pour estimer les distributions animales régionales.

Pour mettre en place la méthode de niveau 2, il faudra rassembler les données sur la portion de fumier gérée dans chaque système de gestion du fumier pour chaque espèce animale représentative. Le tableau 10.18 présente un résumé des grands types de systèmes de gestion du fumier. Il faudra utiliser des données quantitatives pour distinguer les systèmes solides des systèmes liquides/lisiers. La différence entre les systèmes liquides et secs peut être fixée à 20 % de teneur en matière sèche. À noter que dans certains cas, le fumier peut être géré dans plusieurs types de systèmes de gestion du fumier. Par exemple, on peut avoir un fumier rincé d'une étable à stabulation libre vers un bassin anaérobie et qui passe d'abord par une unité de séparation des solides où une partie des solides du fumier est extraite et gérée en tant que solide. Il est donc important de bien prendre en compte la fraction de fumier gérée dans chaque type de système.

Le meilleur moyen d'obtenir des données sur les systèmes de gestion du fumier est de consulter régulièrement les statistiques nationales publiées. Si ces statistiques ne sont pas disponibles, la meilleure option sera de mener une enquête indépendante sur l'utilisation des systèmes de gestion du fumier. Si l'on ne dispose pas des ressources nécessaires pour mener cette enquête, il faudra consulter les experts pour obtenir leur opinion sur la distribution des systèmes. Le chapitre 2 du volume 1 (*Approches à la collecte des données*) décrit les protocoles de sollicitation de l'opinion d'experts. Ces mêmes protocoles de sollicitation de l'opinion d'experts pourront être utilisés pour obtenir les données sur la distribution des systèmes de gestion du fumier.

10.4.4 Évaluation des incertitudes

FACTEURS D'ÉMISSIONS

Les facteurs d'émissions par défaut de niveau 1 présentent de grandes incertitudes (voir tableaux 10.14 à 10.16). La plage d'incertitude des facteurs par défaut est estimée à $\pm 30\%$. On estime que les améliorations obtenues par l'emploi d'une méthodologie de niveau 2 réduisent les plages d'incertitudes des facteurs d'émissions à $\pm 20\%$. Mais on pourra encore réduire les incertitudes en effectuant des mesures des émissions exactes et bien conçues à partir de types de fumiers et de systèmes de gestion du fumier bien caractérisés. Ces mesures devront prendre en compte la température, la teneur en humidité, l'aération, la teneur en SV, la durée du stockage et autres aspects du traitement.

Les valeurs par défaut pourront présenter beaucoup d'incertitudes pour certains pays car elles pourront ne pas refléter les conditions spécifiques relatives à la gestion du fumier du pays. On pourra réduire les incertitudes en développant puis en utilisant des FCM, B₀, et valeurs de SV qui reflètent les conditions particulières du pays/de la région.

TABLEAU 10.18
DEFINITIONS DES SYSTEMES DE GESTION DU FUMIER

Système	Définition
Pâturages/parcours/pa rcelles	Le fumier des animaux paissant en pâturages ou en parcours reste sur place et n'est pas géré.
Épandage quotidien	Le fumier est régulièrement extrait d'un lieu clos et appliqué à des terres cultivées ou pâturages dans les 24 heures après excrétion.
Stockage solide	Stockage de fumier en tas ou empilements en extérieur, en général pendant plusieurs mois. On peut empiler le fumier car il comporte assez de matériau de litière ou perd assez d'humidité en raison de l'évaporation.
Parc d'élevage	Lieu clos pavé ou non pavé, à ciel ouvert, sans couvert végétal important et où l'on extrait régulièrement le fumier s'accumulant.
Liquide/lisier	Stockage du fumier tel qu'excrété par l'animal ou avec ajout minimal d'eau, soit dans des bacs soit dans des fosses en terre à l'extérieur des enclos des animaux, en général pendant moins d'un an.
Bassin anaérobie ouvert	Type de système de stockage liquide créé et géré pour combiner la stabilisation et le stockage des déchets. On utilise généralement un surnageant de bassin pour extraire le fumier des enclos et l'ajouter au bassin. Les bassins anaérobies sont conçus en fonction de différentes durées de stockage (jusqu'à un an ou plus), de la région climatique, du taux de chargement des solides volatils et d'autres facteurs relatifs au fonctionnement. L'eau du bassin pourra être recyclée en tant qu'eau usée ou utilisée pour irriguer et fertiliser les champs.
Stockage en fosses sous l'enclos animal	Collecte et stockage de fumier en ajoutant généralement peu ou pas d'eau, souvent sous un plancher latté dans un enclos animal fermé, normalement pendant des périodes de moins d'un an.
Digesteur anaérobie	Les excréments des animaux sont collectés avec ou sans paille et digérés dans des conditions anaérobies dans de grandes cuves ou bassins couverts. Les digesteurs sont créés à des fins de stabilisation des déchets <i>via</i> la réduction microbienne des composés organiques complexes en CO ₂ et CH ₄ , qui sont ensuite capturés et brûlés ou utilisés comme combustible.
Brûlage à des fins de combustible	Les fèces et l'urine sont excrétées dans les champs. Les excréments séchés au soleil sont brûlés comme combustible.
Litière accumulée bovins et suidés	Au fur et à mesure de l'accumulation de fumier, on ajoute peu à peu de la litière afin d'absorber l'humidité durant tout le cycle de production, parfois même pendant 6 à 12 mois. Ce système de gestion du fumier est également connu sous le nom de système de gestion du fumier par paquets de litière et peut être combiné à des parcs d'élevage ou des pâturages.
Compostage en cuve ^a	Compostage généralement effectué en bacs clos avec aération forcée et mixage permanent.
Compostage – empilements statiques ^a	Compostage en empilements avec aération forcée mais pas de mixage.
Compostage – andain intensif ^a	Compostage en andains avec retournement régulier (au moins une fois par jour) à des fins de mixage et d'aération.
Compostage – andain passif ^a	Compostage en andains avec retournement rare à des fins de mixage et d'aération.
Fumier de volaille avec litière	Similaire à la litière accumulée des bovins et des suidés sauf qu'il n'y a généralement pas de combinaison avec des parcs d'élevage ou des pâturages. Généralement utilisé pour tous les troupeaux aviculteurs et pour l'élevage de poulets à viande et autres volailles.
Fumier de volaille sans litière	Peut ressembler à des fosses ouvertes dans des enclos animaux fermés ou peut être créé pour sécher le fumier au fur et à mesure de son accumulation. Cette dernière technique est nommée système de gestion du fumier élevé et est une forme de compostage à andain passif s'il a été créé et qu'on s'en sert correctement.
Traitement aérobie	Oxydation biologique du fumier collecté en tant que liquide avec aération forcée ou naturelle. L'aération naturelle se limite à des fosses aérobies facultatives et des systèmes de terres humides, et est principalement due à la photosynthèse. En conséquence pendant les périodes dénuées de lumière du soleil, ces systèmes deviennent généralement anoxiques.

^a Le compostage est l'oxydation biologique de déchets solides y compris le fumier, habituellement avec litière ou autre source de carbone organique, généralement à températures thermophiles produites par la chaleur microbienne.

DONNEES SUR LES ACTIVITES – POPULATIONS DE BETAIL

Voir à la section 10.2, *Caractérisation du bétail et de son alimentation*, une discussion des incertitudes relatives aux données sur les populations animales et leur caractérisation.

DONNEES SUR LES ACTIVITES – UTILISATION DES SYSTEMES DE GESTION DU FUMIER

Les incertitudes relatives à l'utilisation des systèmes de gestion du fumier dépendent des caractéristiques de l'industrie de bétail des pays et de la manière dont les informations relatives à la gestion du fumier sont rassemblées. Par exemple, pour les pays disposant presque exclusivement d'un type de système de gestion, comme les pâturages ou parcours, les incertitudes associées à l'utilisation des systèmes de gestion pourront être de 10 % ou moins. Mais pour les pays où existent une grande variété de systèmes de gestion utilisés de manière différente au niveau local, la plage d'incertitude des données d'utilisation des systèmes de gestion pourra être beaucoup plus élevée (de 25 à 50 %), en fonction de la disponibilité de données d'enquêtes représentatives et fiables permettant de différencier les populations animales par utilisation de système. De préférence, les pays devront estimer l'incertitude associée à leurs données relatives à l'utilisation des systèmes de gestion à l'aide des méthodes décrites au chapitre 3 du volume 1.

10.4.5 Exhaustivité, série temporelle, assurance de la qualité/contrôle de la qualité et établissement de rapports

Pour obtenir un inventaire exhaustif, il faudra estimer les émissions de CH₄ de tous les systèmes de gestion du fumier pour toutes les espèces/catégories de bétail identifiées à la section 10.2. On encourage les pays à employer des définitions des systèmes de gestion du fumier correspondant à celles du tableau 10.18 afin de s'assurer de bien prendre en compte tous les types de systèmes. Les données relatives aux populations devront être vérifiées par recoupement entre les principaux mécanismes d'enquêtes (comme les bases de données statistiques nationales ou de la FAO sur l'agriculture), afin de s'assurer que les informations utilisées sont exhaustives et cohérentes. La plupart des pays pourront préparer au minimum des estimations de niveau 1 des principales catégories de bétail car la base de données de la FAO relative au bétail est aisément disponible. La section 10.2 fournit des informations supplémentaires sur l'exhaustivité de la caractérisation du bétail.

Développer une série temporelle cohérente pour l'estimation des émissions de cette catégorie de source requiert au minimum qu'on dispose d'une série temporelle cohérente des statistiques sur les populations de bétail. Les recommandations générales sur la cohérence des séries temporelles se trouvent au chapitre 5, volume 1 (*Cohérence des séries temporelles*).

S'il y a eu de nombreux changements de pratiques de gestion du fumier dans le temps, la méthode de niveau 1 ne permettra pas d'obtenir une série temporelle exacte des émissions, car les facteurs par défaut de niveau 1 se basent sur un ensemble historique de paramètres. Il faudra alors penser à utiliser la méthode de niveau 2. Pour la série temporelle de la méthode de niveau 2, il faudra également rassembler des données sur les systèmes de gestion du fumier spécifiques au pays. Lorsque les données relatives aux systèmes de gestion du fumier ne sont pas disponibles pour une période de la série temporelle, on pourra employer les tendances afin d'extrapoler des données à tout le pays à partir d'une zone ou région échantillon, si les conditions climatiques sont similaires (températures et précipitations). On consultera si possible des experts nationaux du bétail auprès de sources gouvernementales, industrielles ou universitaires afin de développer les tendances d'utilisation des systèmes de gestion et de leurs caractéristiques.

Si on modifie la méthode d'estimation des émissions, la nouvelle méthode devra utiliser des données historiques pour recalculer les émissions de la période. Si ces données ne sont pas disponibles, il pourra être approprié de créer une tendance avec des données récentes et de l'utiliser pour estimer les pratiques de gestion de manière rétroactive pour la série temporelle. Par exemple, on pourra savoir que certaines industries de bétail sont en cours de conversion de pâturages en systèmes de gestion intensifs. Historiquement, ce changement devra être capturé dans la série temporelle des émissions, en modifiant les attributions des systèmes de gestion du fumier. On pourra devoir baser cette attribution sur l'opinion d'experts nationaux, si l'on ne dispose pas de données d'enquêtes extensives. Des recommandations supplémentaires relatives aux questions de recalculs sont fournies au chapitre 5 du volume 1. La section 10.2 présente également des approches relatives aux questions pouvant se poser au sujet des populations animales. L'inventaire devra expliquer précisément l'impact des changements de pratiques agricoles et/ou de la mise en place de mesures d'atténuation sur la série temporelle des données relatives aux activités ou sur les facteurs d'émissions.

Il est conforme aux *bonnes pratiques* d'effectuer des contrôles généraux de la qualité comme souligné dans le chapitre 6 (*Assurance de la qualité/contrôle de la qualité et vérifications*) du volume 1 ainsi qu'une révision experte des estimations d'émissions. Des vérifications additionnelles du contrôle de la qualité et des procédures d'assurance de la qualité peuvent aussi être applicables, en particulier si des méthodes de niveaux supérieurs sont utilisées pour déterminer les émissions de cette source. L'AQ/CQ générale du traitement des données et de l'établissement de rapports devra être accompagnée des procédures suivantes :

VERIFICATION DES DONNEES SUR LES ACTIVITES

- Les compilateurs d'inventaires devront revoir les méthodes de rassemblement des données sur le bétail, notamment pour vérifier si les données correspondant aux sous-espèces de bétail ont été rassemblées et agrégées correctement. Les données devront être vérifiées par recoupements avec d'autres années afin de s'assurer qu'elles sont raisonnables et qu'elles correspondent aux tendances attendues. Les agences chargées des inventaires devront documenter les méthodes de rassemblement des données, identifier les zones de biais potentiels (par exemple, sous-notification systématique des populations animales aux agences statistiques par les propriétaires de bétail individuels), et évaluer la représentativité des données.
- L'attribution des systèmes de gestion du fumier devra être revue régulièrement afin de vérifier qu'on a bien pris en compte les changements relatifs à l'industrie du bétail. Les conversions d'un type de système de gestion à une autre, et les modifications techniques de la configuration et des performances des systèmes devront être prises en compte lors de la modélisation des systèmes du bétail concerné.
- Les politiques et réglementations agricoles nationales pourront affecter les paramètres utilisés pour calculer les émissions de fumier, et devront être consultées régulièrement pour déterminer leur impact. Par exemple, les directives relatives à la réduction des écoulements de fumier dans les nappes phréatiques peuvent entraîner une modification des pratiques de gestion, et ainsi affecter la valeur des FCM de telle ou telle catégorie de bétail. La cohérence devra être conservée entre l'inventaire et les changements continus de pratiques agricoles.

REVISION DES FACTEURS D'EMISSIONS

- À la méthode de niveau 1 (c'est-à-dire avec des facteurs d'émissions GIEC par défaut), les agences chargées des inventaires devront évaluer dans quelle mesure les taux d'excrétion des SV par défaut, les valeurs de B_o et les pratiques de gestion du fumier représentent bien la population animale définie et les caractéristiques du fumier du pays. Pour ce faire, on devra revoir les informations contextuelles des tableaux 10A-4 à 10A-9 pour vérifier la correspondance entre les paramètres d'entrées par défaut et les zones inventoriées. Si la correspondance est mauvaise, on pourra utiliser des paramètres spécifiques au pays plus appropriés afin de développer un facteur d'émissions amélioré.
- Si des méthodes de niveau 2 sont employées, les compilateurs d'inventaires devront vérifier les facteurs spécifiques au pays (par exemple, taux d'excrétion des SV et FCM) par recoupement avec les valeurs par défaut du GIEC. Les principales différences entre les paramètres spécifiques au pays et les paramètres par défaut devront être expliquées et documentées.
- À la méthode de niveau 2, il faudra comparer les calculs des taux de SV aux hypothèses contextuelles utilisées pour l'inventaire de niveau 2 relatif à la fermentation entérique, le cas échéant. Par exemple, l'énergie brute et les éléments énergétiques digestibles utilisés dans l'inventaire de la fermentation entérique pourront être utilisés pour vérifier par recoupement les taux de SV dérivés indépendamment. L'équation 10.24 (*Taux d'excrétion des solides volatils*) pourra être utilisée à cette fin, pour effectuer des vérifications par recoupement sur les ruminants. Les taux de SV de tous les animaux devront correspondre, sur une base brute, à leur consommation d'alimentation (c'est-à-dire que l'énergie des déchets ne devra pas être supérieure à l'énergie de la consommation) ainsi qu'à la plage de valeurs de la DA % indiquée au tableau 10.2, section 10.2 du présent rapport.
- On révisera autant que possible les données de mesures, même si elles ne représentent qu'un petit échantillon de systèmes, en les comparant aux hypothèses de valeurs de FCM et estimations de la production de CH_4 . Les données de mesures représentatives pourront fournir une idée sur la mesure dans laquelle les hypothèses actuelles prédisent correctement la production de CH_4 des systèmes de gestion du fumier dans la zone inventoriée, et la façon dont certains facteurs (par exemple la température, la configuration des systèmes ou la durée de rétention) affectent les émissions. Puisque les données de mesures sont relativement rares pour ces systèmes de par le monde, tout nouveau résultat permettra d'améliorer la compréhension de ces émissions et éventuellement leur prédiction.

REVISION EXTERNE

- L'agence chargée de l'inventaire devra demander à des spécialistes en gestion du fumier et nutrition animale de mener une révision experte des méthodes et des données utilisées. Si ces experts pourront ne pas être

spécialistes des émissions de gaz à effet de serre, leurs connaissances des paramètres d'entrées clé nécessaires au calcul des émissions pourra aider pour la vérification générale des émissions. Par exemple, les nutritionnistes animaux pourront évaluer les taux de production des SV afin de voir s'ils correspondent aux recherches sur l'utilisation de l'alimentation de certaines espèces de bétail. En outre, les exploitants actuels pourront présenter des données sur les techniques de gestion du fumier réelles, comme les durées de stockage et l'utilisation de systèmes mixtes. Si possible, on fera en sorte que ces experts soient complètement indépendants du processus d'inventaire, pour que les révisions soient réellement externes.

Il est conforme aux *bonnes pratiques* de documenter et d'archiver toute l'information requise pour produire les estimations d'inventaire d'émissions nationales, comme souligné au chapitre 6 du volume 1 (*Assurance de la qualité/contrôle de la qualité et vérifications*). Si des données spécifiques au pays ont été utilisées (par exemple des facteurs d'émissions, pratiques de gestion du fumier et caractéristiques du fumier comme les SV et B₀), le calcul de ces données et leurs références devront être documentés clairement avec les résultats de l'inventaire, à la catégorie de source GIEC appropriée. Pour améliorer la transparence, il faudra préciser les données sur les activités et les facteurs d'émissions utilisés pour déterminer les estimations des émissions de cette catégorie de source.

Il faudra documenter les informations suivantes :

- Toutes les données sur les activités (par exemple données sur les populations de bétail par espèces/catégories et par régions), y compris les sources utilisées, les références complètes des bases de données statistiques d'où sont tirées les données et (dans les cas où les données sur les activités n'ont pas été tirées directement des bases de données) les informations et hypothèses utilisées pour calculer les données sur les activités.
- Les conditions climatiques régionales (par exemple température moyenne pendant le stockage de fumier), le cas échéant.
- Les données des systèmes de gestion du fumier par espèce/catégorie de bétail et par région, le cas échéant. Si des systèmes de gestion du fumier différents de ceux définis dans le présent chapitre sont utilisés, ils de devront être décrits.
- La fréquence de la collecte des données, et des estimations d'exactitude et de précision.
- Toute documentation relative aux facteurs d'émissions, y compris :
 - (iv) Les références des facteurs d'émissions utilisés (valeurs par défaut GIEC ou autre) ; et
 - (v) Les bases scientifiques de ces facteurs d'émissions et des méthodes, y compris la définition des paramètres d'entrées et la description du processus de calcul de ces facteurs d'émissions et méthodes, ainsi qu'une présentation des sources et de l'ordre de grandeur des incertitudes (relatives aux inventaires pour lesquels on a utilisé des facteurs d'émissions spécifiques aux régions ou aux pays, ou de nouvelles méthodes différentes de celles décrites ici).
- Avec une méthode de niveau 1, tous les facteurs d'émissions par défaut utilisés lors de l'estimation des émissions des catégories/espèces de bétail spécifiques.
- À la méthode de niveau 2, toute documentation relative aux éléments du calcul des facteurs d'émissions, y compris :
 - (vi) Les valeurs des SV et de B₀ pour toutes les populations d'espèces/catégories de bétail de l'inventaire, qu'il s'agisse de valeurs spécifiques au pays, aux régions ou de valeurs par défaut du GIEC ; et
 - (vii) Les valeurs des FCM pour tous les systèmes de gestion du fumier utilisés, qu'elles soient spécifiques au pays ou des valeurs par défaut du GIEC.

10.5 ÉMISSIONS DE N₂O DUES A LA GESTION DU FUMIER

La présente section explique comment estimer la production directe ou indirecte de N₂O pendant le stockage et le traitement du fumier avant son application à la terre ou autre utilisation pour l'alimentation, le combustible ou la construction. Le terme « fumier » est ici employé pour décrire à la fois les fèces et l'urine (c'est-à-dire les solides et les liquides) produits par le bétail. Les émissions de N₂O générées par le fumier dans les systèmes de « pâturages, parcours et parcelles » se font directement ou indirectement à partir du sol, et sont donc incluses dans la catégorie *Émissions de N₂O des sols gérés* » (voir la section 11.2 du chapitre 11). Les émissions associées au brûlage de fèces comme combustible doivent être incluses à la section *Combustion de*

combustible (voir volume 2 : *Énergie*), ou *Combustion de déchets* (voir volume 5 : *Déchets*) si elles sont brûlées sans récupération d'énergie.

Les émissions directes de N_2O sont entraînées par la nitrification combinée à la dénitrification de l'azote du fumier. Les émissions de N_2O dues au fumier au cours du stockage et du traitement dépendent de la teneur en azote et en carbone du fumier, et de la durée du stockage et type de traitement. La nitrification (oxydation d'azote ammoniacal en azote des nitrates) est une condition nécessaire pour les émissions de N_2O de fumier animal stocké. La nitrification est probable dans le fumier animal stocké s'il y a une arrivée suffisante d'oxygène. Il n'y a pas de nitrification dans des conditions anaérobies. Les nitrites et les nitrates se transforment en N_2O et en diazote (N_2) pendant le processus anaérobie naturel de dénitrification. Les recherches scientifiques sont généralement d'accord pour expliquer que le rapport entre N_2O et N_2 augmente avec l'acidité, la concentration de nitrates et la réduction de l'humidité. Bref, la production et les émissions de N_2O du fumier géré requièrent la présence de nitrites ou de nitrates en environnement anaérobie après des conditions aérobies, nécessaires à la formation de ces formes oxydées d'azote. En outre on doit disposer de conditions empêchant la réduction de N_2O en N_2 , comme un pH faible ou une humidité limitée.

Les émissions indirectes sont entraînées par les pertes d'azote volatil qui ont lieu principalement sous forme d'ammoniac et de NO_x . La fraction d'azote organique excrétée qui est minéralisée en azote ammoniacal pendant la collecte et le stockage de fumier dépend tout d'abord de la durée, et dans un moindre degré des températures. Les formes simples d'azote organique comme l'urée (mammifères) et l'acide urique (volaille) sont rapidement minéralisées en azote ammoniacal, qui est très volatil et se diffuse vite dans l'air environnant (Asman *et al.*, 1998 ; Monteny et Erisman, 1998). Les pertes d'azote commencent au moment de l'excrétion dans les enclos et autres zones d'élevages animaux (par exemple, lieux de production laitière) et continuent dans les systèmes de stockage et de traitement sur site (soit, les systèmes de gestion du fumier). L'azote provient aussi des écoulements et de la lixiviation dans les sols du stockage solide de fumier en extérieur, en parcs d'engraissement et lorsque les animaux paissent. Les pertes des pâturages sont prises en compte séparément, à la section 11.2, *Émissions de N_2O des sols gérés*, au chapitre 11, tout comme les émissions de composés d'azote du bétail paissant.

Étant donnée l'importance des pertes directes et indirectes d'azote du fumier dans les systèmes de gestion, il est faut estimer la quantité restante d'azote de fumier animal disponible à l'application aux sols ou pour l'alimentation, le combustible ou la construction. Cette valeur est utilisée pour le calcul des émissions de N_2O des sols gérés (voir la section 11.2 du chapitre 11). La méthodologie d'estimation de l'azote du fumier directement appliqué aux sols, ou disponible à l'alimentation, le combustible ou la construction, se trouve dans le présent chapitre à la section 10.5.4, *Coordination avec l'inventaire des émissions de N_2O des sols gérés*.

10.5.1 Choix de la méthode

Le niveau de précision et les méthodes choisis pour l'estimation des émissions de N_2O des systèmes de gestion du fumier dépendent des circonstances nationales. Le diagramme décisionnel de la figure 10.14 décrit les *bonnes pratiques* en matière de choix de la méthode. Les sections suivantes présentent les différents niveaux indiqués au diagramme décisionnel et permettant de calculer les émissions directes et indirectes de N_2O dues aux systèmes de gestion du fumier.

Émissions directes de N_2O dues à la gestion du fumier

Niveau 1

La méthode de niveau 1 implique qu'on multiplie la quantité totale d'excrétion de N (de toutes les espèces/catégories de bétail) dans chaque type de système de gestion du fumier par un facteur d'émissions spécifique à ce type de système de gestion du fumier (voir équation 10.25). On additionne ensuite les émissions de tous les systèmes de gestion du fumier. La méthode de niveau 1 est utilisée à l'aide des facteurs d'émissions du N_2O par défaut du GIEC, des données d'excrétion d'azote par défaut et des données sur les systèmes de gestion du fumier par défaut (voir à l'annexe 10A.2 les tableaux 10A-4 à 10A-8 d'attribution des systèmes de gestion par défaut).

Niveau 2

La méthode de niveau 2 suit la même équation que celle de niveau 1, mais inclut des données spécifiques au pays pour certaines variables. Par exemple, l'utilisation de taux d'excrétion d'azote spécifiques au pays pour certaines catégories de bétail représente une méthodologie de niveau 2.

Niveau 3

La méthode de niveau 3 emploie des procédures d'estimation alternatives basées sur une méthodologie spécifique au pays. Par exemple, une approche basée sur les processus et le bilan massique et suivant l'azote dans le système en partant des entrées alimentaires jusqu'à l'utilisation finale/le rejet pourrait être considérée comme une procédure de niveau 3. Les méthodes de niveau 3 devront être bien documentées et décrire

clairement les procédures d'estimation.

Pour estimer les émissions dues aux systèmes de gestion du fumier, les populations de bétail devront d'abord être divisées en catégories qui reflètent les quantités variables de fumier produites par animal, ainsi que la manière de traiter le fumier. Cette division du fumier par type de système devra être la même que celle utilisée pour caractériser les émissions de méthane dues à la gestion du fumier (voir section 10.4). Par exemple, si les facteurs d'émissions par défaut de niveau 1 sont utilisés pour calculer les émissions de CH₄, il faudra employer les données des systèmes de gestion du fumier tirées des tableaux 10A-4 à 10A-8. La section 10.2 fournit des informations précises sur la façon de caractériser les populations de bétail pour cette source.

Les cinq étapes suivantes sont employées pour estimer les émissions directes de N₂O dues à la gestion du fumier :

Étape 1 : Rassembler les données correspondant aux populations de bétail à partir de la caractérisation du bétail.

Étape 2 : Utiliser des valeurs par défaut ou développer des taux d'excrétion d'azote annuels moyens par tête ($N_{ex(T)}$) pour toutes les espèces/catégories de bétail définies T ;

Étape 3 : Utiliser les valeurs par défaut ou déterminer la fraction d'excrétion d'azote annuelle totale de toutes les espèces/catégories de bétail T gérées dans chaque système de gestion du fumier S ($GF(T,S)$) ;

Étape 4 : Utiliser les valeurs par défaut ou développer des facteurs d'émissions de N₂O pour tous les systèmes de gestion du fumier S ($FE_{3(S)}$) ; et

Étape 5 : Pour chaque type de système de gestion du fumier S , multiplier le facteur d'émissions correspondant au système ($FE_{3(S)}$) par la quantité totale d'azote géré dans le système (de toutes les espèces/catégories de bétail), afin d'estimer les émissions de N₂O du système de gestion du fumier. Additionner ensuite les résultats de tous les systèmes de gestion du fumier.

À noter que dans certains cas, l'azote du fumier peut être géré dans plusieurs types de systèmes de gestion du fumier. Par exemple, le fumier peut être rincé d'une étable à stabulation libre vers un bassin anaérobie, et passer tout d'abord par une unité de séparation des solides où une partie de l'azote du fumier est extraite et gérée en tant que solide. Il est donc important de bien prendre en compte la fraction d'azote du fumier géré dans chaque type de système.

Le calcul des émissions directes de N₂O dues à la gestion du fumier est basé sur l'équation suivante :

ÉQUATION 10.25
ÉMISSIONS DIRECTES DE N₂O DUES A LA GESTION DU FUMIER

$$N_2O_{D(gf)} = \left[\sum_S \left[\sum_T (N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot GF_{(T,S)}) \right] \cdot FE_{3(S)} \right] \cdot \frac{44}{28}$$

Où :

$N_2O_{D(gf)}$ = émissions directes de N₂O dues à la gestion du fumier dans le pays, kg N₂O an⁻¹

$N_{(T)}$ = nombre de têtes de l'espèce de bétail/catégorie T dans le pays

$N_{ex(T)}$ = excréments annuels moyennes de N par tête de l'espèce/catégorie T dans le pays, kg N animal⁻¹ an⁻¹

$GF(T,S)$ = fraction d'azote annuel total excrété par l'espèce/catégorie de bétail T gérée dans le système de gestion du fumier S dans le pays, non dimensionnel

$FE_{3(S)}$ = facteur d'émissions des émissions directes de N₂O du système de gestion du fumier S dans le pays, kg N₂O-N/kg N dans le système de gestion du fumier S

S = système de gestion du fumier

T = espèce/catégorie de bétail

44/28 = conversion des émissions de (N₂O-N)_(gf) en émissions de N₂O_(gf)

On pourra avoir des pertes d'azote sous d'autres formes (par exemple ammoniac et NO_x) puisque le fumier est géré sur le site. Sous sa forme volatile ammoniacale, l'azote peut être déposé sur des sites sous le vent par rapport au lieu de traitement du fumier, et contribuer aux émissions indirectes de N₂O (voir ci-dessous). On encourage les pays à penser à utiliser l'approche du bilan massique (niveau 3) pour suivre les quantités d'azote de fumier excrétées, gérées sur site dans des systèmes de gestion du fumier, et plus tard appliquées à des sols gérés. La méthodologie d'estimation de l'azote du fumier directement appliqué à des sols gérés, ou disponible à

l'alimentation, le combustible ou la construction, se trouve à la section 10.5.4, *Coordination avec l'inventaire des émissions de N₂O des sols gérés*. Lire à la section 11.2 du chapitre 11 les procédures permettant de calculer les émissions de N₂O de l'azote du fumier géré puis appliqué aux sols.

Émissions indirectes de N₂O dues à la gestion du fumier

Niveau 1

Les calculs de niveau 1 de la volatilisation du N sous forme de NH₃ et de NO_x de systèmes de gestion du fumier se basent sur la multiplication de la quantité d'azote excrété (de toutes les catégories de bétail) et géré dans chaque système de gestion du fumier par une fraction de l'azote volatilisé (voir équation 10.26). On additionne ensuite les pertes de N de tous les systèmes de gestion du fumier. La méthode de niveau 1 est utilisée à l'aide des données d'excrétion d'azote par défaut et des données sur les systèmes de gestion du fumier par défaut (voir à l'annexe 10A.2 les tableaux 10A-4 à 10A-8) et des fractions par défaut des pertes de N des systèmes de gestion du fumier dues à la volatilisation (voir tableau 10.22) :

ÉQUATION 10.26
PERTES DE N DUES A LA VOLATILISATION LORS DE LA GESTION DU FUMIER

$$N_{\text{volatilisation-SGF}} = \sum_S \left[\sum_T \left[\left(N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot GF_{(T,S)} \right) \cdot \left(\frac{Frac_{GazGF}}{100} \right)_{(T,S)} \right] \right]$$

Où :

$N_{\text{volatilisation-SGF}}$ = quantité d'azote de fumier perdue en raison de la volatilisation du NH₃ et du NO_x, kg N an⁻¹

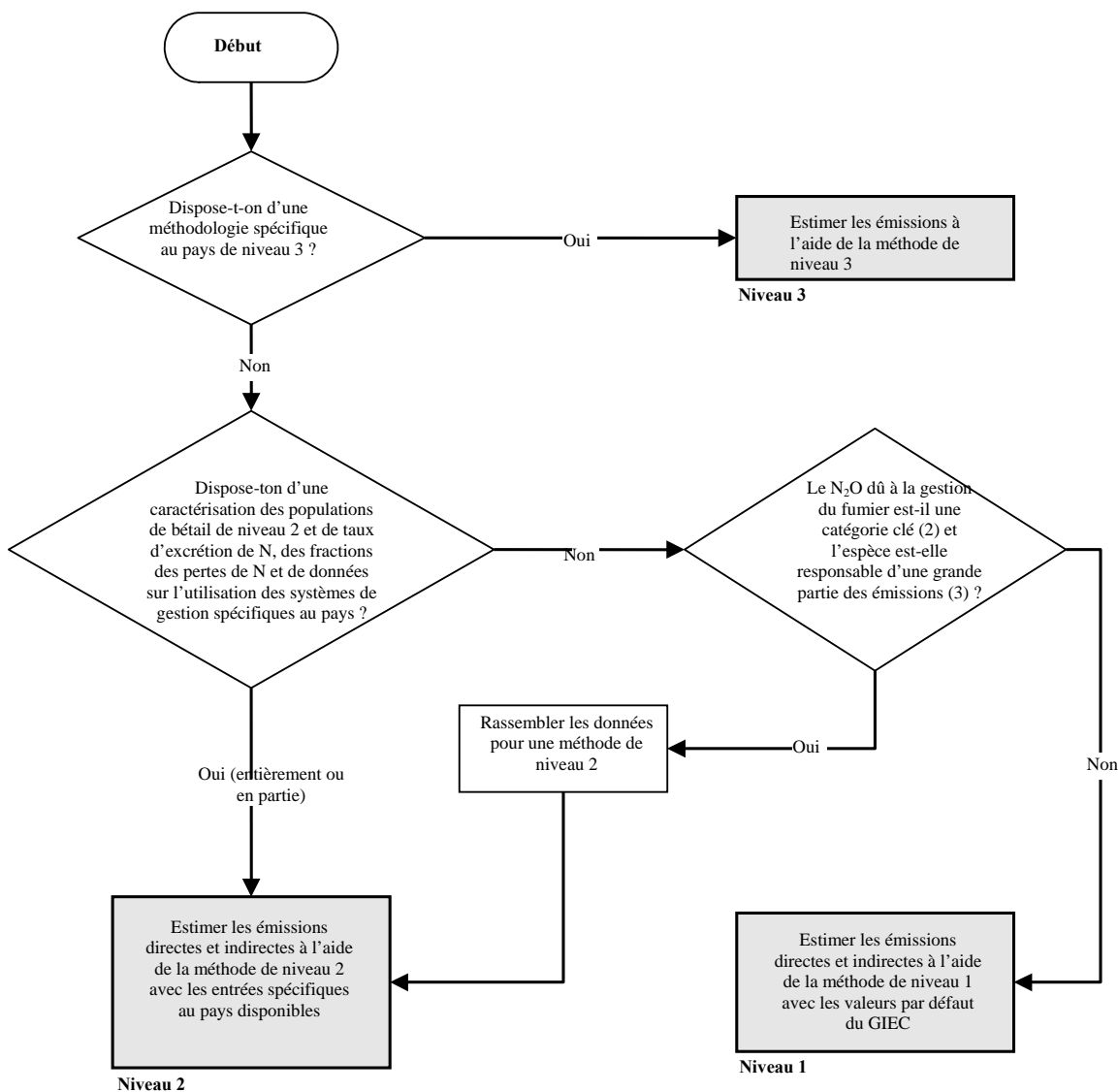
$N_{(T)}$ = nombre de têtes de l'espèce de bétail/catégorie T dans le pays

$Nex_{(T)}$ = excréations annuelles moyennes de N par tête de l'espèce/catégorie T dans le pays, kg N animal⁻¹ an⁻¹

$GF_{(T,S)}$ = fraction d'azote annuel total excrété par l'espèce/catégorie de bétail T gérée dans le système de gestion du fumier S dans le pays, non dimensionnel

$Frac_{GazGF}$ = pourcentage d'azote de fumier géré pour la catégorie de bétail T qui se volatilise en tant que NH₃ et NO_x dans le système de gestion du fumier S, %

Figure 10.4 Diagramme décisionnel pour les émissions de N₂O dues à la gestion du fumier (Note 1)



Notes :

- (1) Les émissions de N₂O dues aux systèmes de gestion du fumier incluent les sources directes et indirectes.
- (2) Lire le chapitre 4 du volume 1 (*Choix méthodologique – Identification des catégories clés*) et particulièrement la section 4.1.2 traitant des ressources limitées, pour une discussion des catégories clés et de l'emploi des diagrammes décisionnels.
- (3) On suppose empiriquement qu'une espèce de bétail sera significative si elle est responsable d'au moins 25 à 30 % des émissions de la catégorie de source.

Les émissions indirectes de N_2O dues à la volatilisation du N sous forme de NH_3 et de NO_x ($N_2O_{G(gf)}$) sont estimées à l'aide de l'équation 10.27 :

ÉQUATION 10.27
ÉMISSIONS INDIRECTES DE N_2O DUES A LA VOLATILISATION DU N LORS DE LA GESTION DU FUMIER

$$N_2O_{G(gf)} = (N_{volatilisation-SGF} \cdot FE_4) \cdot \frac{44}{28}$$

Où :

$N_2O_{G(gf)}$ = émissions indirectes de N_2O dues à la volatilisation du N lors de la gestion du fumier dans le pays, $kg N_2O an^{-1}$

FE_4 = facteur d'émissions pour les émissions de N_2O dues au dépôt atmosphérique d'azote sur les sols et des surfaces aquatiques, $kg N_2O-N (kg NH_3-N + NO_x-N volatilisé)^{-1}$; la valeur par défaut est de 0,01 $kg N_2O-N (kg NH_3-N + NO_x-N volatilisé)^{-1}$, donnée au tableau 11.3 du chapitre 11.

Niveau 2

Les pays pourront souhaiter développer des méthodologies de niveau 2 leur permettant de mieux prendre en compte les circonstances nationales et de réduire autant que possible les incertitudes de leurs estimations. Comme pour les émissions directes de N_2O dues à la gestion du fumier, la méthode de niveau 2 suit la même équation que celle de niveau 1, mais inclut l'utilisation de données spécifiques au pays pour certaines variables. Par exemple, l'utilisation de taux d'excrétion de l'azote spécifiques au pays pour certaines catégories de bétail représente une méthode de niveau 2. Les inventaires nationaux des émissions de NH_3 élaborés par certains pays pourront être utilisés pour estimer la volatilisation de l'azote des systèmes de gestion du fumier au niveau 2. La méthode de niveau 2 requiert une caractérisation plus précise du flux d'azote dans tout l'enclos animal et les systèmes de gestion du fumier utilisés dans le pays. Il faudra éviter tout double comptage des émissions associées à l'application de fumier géré, et au fumier des pâturages et de la paissance. Ces émissions devront être calculées et incluses à la section 11.2 du chapitre 11 (*Émissions de N_2O des sols gérés*).

Les données existantes sur la lixiviation et les écoulements de divers systèmes de gestion du fumier sont extrêmement limitées. Les plus grandes pertes de N dues aux écoulements et à la lixiviation se trouvent généralement dans les parcs d'élevage des animaux. Dans les climats secs, les pertes dues aux écoulements sont plus faibles que dans les zones à précipitations, et on estime qu'elles représentent 3 à 6% du N excrété (Eghball et Power, 1994). Des recherches menées par Bierman *et al.* (1999) ont trouvé que l'azote perdu par écoulements allait de 5 à 19 % du N excrété et de 10 à 16 % pour la lixiviation dans les sols, tandis que d'autres données montrent des pertes d'azote relativement faibles par la lixiviation dans les stockages solides (moins de 5 % du N excrété) ; quoiqu'on peut aussi observer des pertes plus importantes (Rotz, 2004). Il faudra encore effectuer des recherches dans ce domaine pour améliorer l'estimation des pertes et les conditions et pratiques qui entraînent ces pertes. L'équation 10.28 ne doit être utilisée que si l'on dispose d'informations spécifiques au pays sur la fraction d'azote perdue par lixiviation et écoulements des systèmes de gestion du fumier. L'estimation des pertes de N dues à la lixiviation et aux écoulements de la gestion du fumier doit donc être considérée comme faisant partie d'une méthode de niveaux 2 ou 3.

L'azote lessivé dans les sols et/ou s'écoulant pendant le stockage solide du fumier en extérieur ou dans les parcs d'engraissement se calcule comme suit :

ÉQUATION 10.28
PERTES DE N DUES A LA LIXIVIATION DE SYSTEMES DE GESTION DU FUMIER

$$N_{lixiviation-SGF} = \sum_S \left[\sum_T \left[(N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot GF_{(T,S)}) \cdot \left(\frac{Frac_{lixiGF}}{100} \right)_{(T,S)} \right] \right]$$

Où :

$N_{lixiviation-SGF}$ = quantité d'azote de fumier lessivé des systèmes de gestion du fumier, $kg N an^{-1}$

$N_{(T)}$ = nombre de têtes de l'espèce de bétail/catégorie T dans le pays

$Nex_{(T)}$ = excréments annuels moyennes de N par tête de l'espèce/catégorie T dans le pays, $kg N animal^{-1} an^{-1}$

$GF_{(T,S)}$ = fraction d'azote annuel total excrété par l'espèce/catégorie de bétail T gérée dans le système de

gestion du fumier S dans le pays, non dimensionnel

$\text{Frac}_{\text{lixiGF}}$ = pourcentage de pertes d'azote du fumier géré de la catégorie de bétail T dues aux écoulements et à la lixiviation dans les stockages liquides et solides de fumier (plage type 1-20 %)

Les émissions indirectes de N_2O dues à la lixiviation et aux écoulements d'azote des systèmes de gestion du fumier ($\text{N}_2\text{O}_{P(\text{gf})}$) sont estimées à l'aide de l'équation 10.29 :

ÉQUATION 10.29
ÉMISSIONS INDIRECTES DE N_2O DUES A LA LIXIVIATION LORS DE LA GESTION DU FUMIER

$$\text{N}_2\text{O}_{P(\text{gf})} = \left(N_{\text{lixiviation-SGF}} \cdot \text{FE}_5 \right) \cdot \frac{44}{28}$$

Où :

$\text{N}_2\text{O}_{P(\text{gf})}$ = émissions indirectes de N_2O dues à la lixiviation et aux écoulements lors de la gestion du fumier dans le pays, $\text{kg N}_2\text{O an}^{-1}$

FE_5 = facteur d'émissions des émissions de N_2O de l'azote de lixiviation et écoulements, $\text{kg N}_2\text{O-N/kg N}$ lessivé et écoulé (valeur par défaut $0,0075 \text{ kg N}_2\text{O-N (kg N lessivé/écoulé)}^{-1}$, donnée au tableau 11.3 du chapitre 11.

Niveau 3

Pour réduire les incertitudes des estimations, on pourra élaborer une méthode de niveau 3 avec des facteurs d'émissions spécifiques au pays de la volatilisation et de la lixiviation et des écoulements de l'azote, basés sur des mesures réelles.

Toutes les pertes de N dues aux systèmes de gestion du fumier (directes et indirectes) doivent être exclues de la quantité de N du fumier disponible à l'application sur les sols et incluses à la section 11.2 du chapitre 11, *Émissions de N_2O des sols gérés*. Se référer à la section 10.5.4, *Coordination avec l'inventaire des émissions de N_2O des sols gérés*, pour lire des recommandations sur le calcul des pertes totales de N des systèmes de gestion du fumier.

10.5.2 Choix des facteurs d'émissions

Taux annuels moyens d'excrétion d'azote, $\text{Nex}_{(T)}$

Niveau 1

Les taux annuels moyens d'excrétion d'azote doivent être déterminés pour toutes les catégories de bétail définies lors de la caractérisation des populations de bétail. Les taux spécifiques au pays peuvent être pris directement de documents ou de rapports comme ceux de l'industrie agricole ou de recherches scientifiques, ou dérivés d'informations sur la consommation et la rétention animales d'azote (voir ci-dessous). Dans certaines situations, il pourra être approprié d'utiliser les taux d'excrétion développés par d'autres pays dont les populations de bétail ont des caractéristiques similaires.

Si l'on ne peut ni rassembler ni dériver de données spécifiques au pays, ou si les données appropriées ne sont pas disponibles dans d'autres pays, des taux d'excrétion d'azote par défaut du GIEC sont proposés au tableau 10.19. Ces taux sont présentés sous forme d'unités d'azote excrétées par 1 000 kg d'animaux par jour. Ils peuvent s'appliquer aux sous-catégories de bétail d'âges et de croissances différentes en utilisant la masse animale moyenne type (MAT) de cette sous-catégorie de population, comme le montre l'équation 10.30.

ÉQUATION 10.30
TAUX ANNUELS D'EXCRETION DE N

$$\text{Nex}_{(T)} = N_{\text{taux}(T)} \cdot \frac{\text{MAT}}{1000} \cdot 365$$

Où :

$\text{Nex}_{(T)}$ = excrétion annuelle de N de la catégorie de bétail T , $\text{kg N animal}^{-1} \text{ an}^{-1}$

$N_{\text{taux}(T)}$ = taux d'excrétion de N par défaut, $\text{kg N (1 000 kg masse animale)}^{-1} \text{ jour}^{-1}$ (voir tableau 10.19)

$\text{MAT}_{(T)}$ = masse animale type pour la catégorie de bétail T , kg animal^{-1}

Les valeurs par défaut de la MAT se trouvent aux tableaux 10A-4 à 10A-9 à l'annexe 10A.2. Néanmoins il est préférable de rassembler des valeurs de la MAT spécifiques au pays en raison de la sensibilité des taux d'excrétion d'azote en fonction des différentes catégories de poids. Par exemple, les cochons de marchés peuvent aller de cochonnets pesant moins de 20 kilogrammes à des cochons finis pesant plus de 90 kilogrammes. En construisant des groupes de populations animales reflétant les diverses étapes de croissance des cochons de marché, les pays pourront mieux estimer l'azote total excrété par leur population de suidés.

Pour l'estimation du $N_{ex(T)}$ des animaux dont le fumier est classé dans le système de gestion du fumier *brûlage comme combustible* (tableau 10.21, *Facteurs d'émissions par défaut des émissions directes de N₂O dues à la gestion du fumier*), il ne faudra pas oublier que les fèces sont brûlées mais que l'urine reste dans les champs. Selon la méthode empirique, 50 % de l'azote excrété se trouve dans les fèces, et 50 % dans l'urine. Si les fèces sont brûlées comme combustibles, les émissions doivent alors être incluses à la catégorie GIEC *Combustion de combustibles : Énergie* ; tandis que si les fèces sont brûlées sans récupération d'énergie, les émissions devront être incluses à la catégorie GIEC *Incinération des déchets* (volume 5 : *Déchets*).

Niveau 2

La quantité annuelle de N excrétée par espèce/catégorie de bétail dépend de la consommation annuelle totale de N et de la rétention de N annuelle totale de l'animal. Les taux d'excrétion de N peuvent donc être dérivés de données sur la consommation et la rétention de N. La consommation annuelle de N (soit, la quantité de N consommée par l'animal annuellement) dépend de la quantité annuelle d'alimentation digérée par l'animal, et de la teneur en protéines de l'alimentation. La consommation d'alimentation totale dépend du niveau de production de l'animal (par exemple, taux de croissance, production de lait, force de tirage). La rétention annuelle de N (soit la fraction de consommation de N retenue par l'animal pour la production de viande, lait ou laine) est une mesure de l'efficacité de l'animal quant à la production de protéine animale à partir des protéines de l'alimentation. On pourra trouver les données sur la rétention et la consommation d'azote d'espèces/catégories de bétail spécifiques dans des statistiques nationales ou auprès de spécialistes de l'alimentation animale. On peut également calculer la consommation d'azote à partir de données sur l'alimentation et la consommation de valeurs protéiques brutes développées à la section 10.2. Les valeurs par défaut de rétention du N sont fournies au tableau 10.20, *Valeurs par défaut de la fraction d'azote dans l'alimentation ingérée par les animaux et retenue par les diverses espèces/catégories animales*. Les taux d'excrétion annuels de N de chaque espèce/catégorie de bétail ($N_{ex(T)}$) sont calculés ainsi :

ÉQUATION 10.31
TAUX ANNUELS D'EXCRETION DE N (NIVEAU 2)

$$N_{ex(T)} = N_{consommation(T)} \bullet (1 - N_{rétention(T)})$$

Où :

$N_{ex(T)}$ = taux annuels d'excrétion de N, kg N animal⁻¹ an⁻¹

$N_{consommation(T)}$ = consommation annuelle de N par tête de l'espèce/catégorie T, kg N animal⁻¹ an⁻¹

$N_{rétention(T)}$ = fraction de consommation annuelle de N qui est retenue par l'animal de l'espèce/catégorie T, non dimensionnel

Exemple de méthode de niveau 2 d'estimation de l'excrétion d'azote par les bovins

L'excrétion d'azote peut être calculée en fonction des mêmes hypothèses alimentaires que lors de la modélisation des émissions dues à la fermentation entérique (voir section 10.2). La quantité d'azote excrétée par les bovins peut être estimée en tant que différence entre l'azote total consommé par l'animal et l'azote total retenu pour la croissance et la production de lait. Les équations 10.32 et 10.33 peuvent être utilisées pour calculer les variables relatives à la consommation et à la rétention d'azote nécessaire pour l'équation 10.31. Le taux de consommation totale d'azote est calculé ainsi :

ÉQUATION 10.32
TAUX DE CONSOMMATION DE N DES BOVINS

$$N_{consommation(T)} = \frac{EB}{18,45} \cdot \left(\frac{PB\%}{6,25} \right)$$

Où :

$N_{consommation(T)}$ = N consommé quotidiennement par animal de la catégorie de bétail T , kg N animal⁻¹ jour⁻¹

EB = consommation d'énergie brute par l'animal, selon le modèle entérique, en fonction de l'énergie digestible, de la production de lait, des gestations, du poids actuel, du poids mature, du taux de prise de poids et des constantes GIEC, MJ animal⁻¹ jour⁻¹

18,45 = facteur de conversion de l'EB alimentaire par kg de matière sèche, MJ kg⁻¹. Cette valeur est relativement constante pour de nombreux régimes alimentaires basés sur le fourrage ou les céréales fréquemment consommés par le bétail.

PB % = pourcentage de valeur protéique brute dans le régime alimentaire, entrées

6,25 = conversion de kg de protéines du régime alimentaire en kg de N alimentaire, kg protéines alimentaires (kg N)⁻¹

TABLEAU 10.19
VALEURS PAR DEFAUT DU TAUX D'EXCRETION D'AZOTE ^a (KG N (1 000 KG MASSE ANIMALE)⁻¹ JOUR⁻¹)

Catégorie animale	Région							
	Amérique du Nord	Europe de l'Ouest	Europe de l'Est	Océanie	Amérique latine	Afrique	Moyen-Orient	Asie
Vaches laitières	0,44	0,48	0,35	0,44	0,48	0,60	0,70	0,47
Autres bovins	0,31	0,33	0,35	0,50	0,36	0,63	0,79	0,34
Suidés ^b	0,50	0,68	0,74	0,73	1,64	1,64	1,64	0,50
Marchés	0,42	0,51	0,55	0,53	1,57	1,57	1,57	0,42
Reproduction	0,24	0,42	0,46	0,46	0,55	0,55	0,55	0,24
Volaille	0,83	0,83	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Poules >= 1 an	0,83	0,96	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Poulettes	0,62	0,55	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Autres poulets	0,83	0,83	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Poulets à viande	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
Dindes	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
Canards	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
Moutons	0,42	0,85	0,90	1,13	1,17	1,17	1,17	1,17
Chèvres	0,45	1,28	1,28	1,42	1,37	1,37	1,37	1,37
Chevaux (et mules/ânes)	0,30	0,26	0,30	0,30	0,46	0,46	0,46	0,46
Chameaux ^c	0,38	0,38	0,38	0,38	0,46	0,46	0,46	0,46
Buffles ^c	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Visons et mustélidés (kg N tête ⁻¹ an ⁻¹) ^d	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59
Lapins (kg N tête ⁻¹ an ⁻¹)	8,10	8,10	8,10	8,10	8,10	8,10	8,10	8,10
Renards et rats laveurs (kg N tête ⁻¹ an ⁻¹) ^d	12,09	12,09	12,09	12,09	12,09	12,09	12,09	12,09

La plage d'incertitude de ces estimations est de $\pm 50\%$.

^a Résumé des *Lignes directrices GIEC 1996, 1997* ; Agence européenne pour l'environnement, 2002 ; USA EPA Projet de rapport national d'inventaire du NH₃, 2004 ; et données des inventaires de GES des parties à l'annexe 1, soumis au secrétariat de la CCNUCC en 2004.

^b Les excréments d'azote des suidés sont basées sur une population par pays estimée à 90 % de cochons de marchés et 10 % de cochons de reproduction.

^c Modifié à partir de l'Agence européenne pour l'environnement, 2002.

^d Données tirées de Hutchings *et al.*, 2001

TABLEAU 10.20 VALEURS PAR DEFAUT DE LA FRACTION D'AZOTE DANS LA CONSOMMATION D'ALIMENTATION DU BETAIL RETENUE PAR LES DIFFERENTES ESPECES/CATEGORIES DE BETAIL (FRACTION DE CONSOMMATION DE N RETENUE PAR L'ANIMAL)	
Catégorie de bétail	$N_{\text{rétention}(T)}$ (kg N retenu/animal/an) (kg consommation de N/animal/an) ⁻¹
Vaches laitières	0,20
Autres bovins	0,07
Buffles	0,07
Moutons	0,10
Chèvres	0,10
Chameaux	0,07
Suidés	0,30
Chevaux	0,07
Volaille	0,30
La plage d'incertitude de ces estimations est de $\pm 50\%$.	
Source : Opinion du groupe d'experts du GIEC (voir co-présidents, éditeurs et experts ; émissions de N_2O dues à la gestion du fumier).	

La rétention totale d'azote est calculée ainsi :

ÉQUATION 10.33 TAUX DE RETENTION DU N PAR LES BOVINS	
$N_{\text{rétention}(T)}$	$= \left[\frac{\text{Lait} \cdot \left(\frac{\text{Lait PR}\%}{100} \right)}{6,38} \right] + \left[\frac{PP \cdot \left[268 - \left(\frac{7,03 \cdot EN_{Cce}}{PP} \right) \right]}{1000} \right] \left[\frac{1}{6,25} \right]$

Où :

$N_{\text{rétention}(T)}$ = N retenu quotidiennement par animal de la catégorie de bétail *T*, kg N animal⁻¹ jour⁻¹

Lait = production de lait, kg animal⁻¹ jour⁻¹ (s'applique uniquement aux vaches laitières)

Lait PR % = pourcentage de protéines dans le lait, calculé en tant que [1,9 + 0,4 • % matières grasses], où % matières grasses représente une entrée, qu'on suppose être 4 % (s'applique uniquement aux vaches laitières)

6,38 = conversion des protéines laitières en N laitier, kg protéines (kg N)⁻¹

PP = prise de poids, entrées par catégorie de bétail, kg jour⁻¹

268 et 7,03 = constantes tirées des équations 3-8 de NRC (1996)

EN_{Cce} = énergie nette nécessaire à la croissance, calculée lors de la caractérisation du bétail, basée sur le poids actuel, le poids mature, le taux de prise de poids et les constantes du GIEC, MJ jour⁻¹

1 000 = conversion de grammes en kilogrammes, g kg⁻¹

6,25 = conversion de kg de protéines du régime alimentaire en kg de N alimentaire, kg protéines (kg N)⁻¹

Les données sur l'excrétion annuelle d'azote sont également employées pour calculer les émissions directes et indirectes de N_2O par les sols gérés (voir la section 11.2 du chapitre 11, *Émissions de N_2O des sols gérés*). Ces mêmes taux d'excrétion de N et méthodes de calcul utilisés pour estimer les émissions de N_2O dues à la gestion du fumier devront également servir à estimer les émissions de N_2O des sols gérés.

Facteurs d'émissions pour les émissions directes de N₂O dues à la gestion du fumier

Les meilleures estimations seront obtenues à l'aide de facteurs d'émissions spécifiques au pays bien documentés dans des publications révisées par des experts. Les *bonnes pratiques* exigent l'utilisation de facteurs d'émissions spécifiques au pays qui reflètent la durée de stockage et le type de traitement du fumier animal réels dans tous les systèmes de gestion utilisés. Pour le calcul des facteurs d'émissions spécifiques au pays, les *bonnes pratiques* impliquent de mesurer les émissions (par unité de N du fumier) de différents systèmes de gestion, en prenant en compte la variabilité des durées de stockage et des types de traitement. Pour définir les types de traitements, il faudra prendre en compte les conditions comme l'aération et les températures. Si les agences chargées des inventaires utilisent des facteurs d'émissions spécifiques au pays, on les encourage à fournir une justification de ces valeurs en incluant une documentation révisée par des experts.

Si les facteurs d'émissions spécifiques au pays appropriés ne sont pas disponibles, on encourage les agences chargées des inventaires à utiliser les facteurs d'émissions par défaut présentés au tableau 10.21, *Facteurs d'émissions pour les émissions directes de N₂O dues à la gestion du fumier*. Ce tableau contient les facteurs d'émissions par défaut par système de gestion du fumier. À noter que les émissions des systèmes liquides/lisiers sans écorce terrestre naturelle, les bassins anaérobies et les digesteurs anaérobies sont considérés comme négligeables en raison de l'absence de forme oxydée d'azote entrant dans ces systèmes, en plus de leur faible potentiel de nitrification et de dénitrification.

Facteurs d'émissions pour les émissions indirectes de N₂O dues à la gestion du fumier

Pour estimer les émissions indirectes de N₂O de la gestion du fumier, il faudra disposer des deux fractions de pertes d'azote (dues à la volatilisation et à la lixiviation/écoulements), et des deux facteurs d'émissions indirectes de N₂O associés à ces pertes (FE₄ et FE₅). Les valeurs par défaut pour les pertes de N dues à la volatilisation sont présentées au tableau 10.22. Ces valeurs représentent les taux moyens de pertes de N sous forme de NH₃ et de NO_x; les pertes principales ont lieu sous forme de NH₃. Les plages reflètent les valeurs existant dans les recherches publiées. Les valeurs représentent des conditions sans mesures de contrôle de l'azote particulières. On encourage les pays à développer des valeurs nationales, notamment quant aux pertes d'ammoniac lorsque les émissions des éléments peuvent être aisément caractérisées lors d'évaluations de la qualité de l'air plus générales, et lorsque les émissions peuvent être affectées par des stratégies de réduction de l'azote. Par exemple, le chapitre 1009 du guide EMEP/CORINAIR de l'inventaire atmosphérique (Agence européenne pour l'environnement, 2002) propose des méthodologies précises d'estimation du NH₃ et d'autres pertes azotées à l'aide de procédures de bilan massique/débit massique.

La fraction d'azote du fumier lessivée depuis les systèmes de gestion du fumier (Frac_{lixigf}) est très incertaine et devra être développée en tant que valeur spécifique au pays appliquée à la méthode de niveau 2.

Les valeurs par défaut de FE₄ (volatilisation et redépôt du N) et de FE₅ (lixiviation/écoulements de N) sont fournies au tableau 11.3 du chapitre 11 (*Émissions par défaut, facteurs de volatilisation et de lixiviation des émissions indirectes de N₂O*).

10.5.3 Choix des données sur les activités

Pour estimer les émissions de N₂O des systèmes de gestion du fumier, deux grands types de données sur les activités existent : (1) les données sur les populations animales ; et (2) les données sur les utilisations des systèmes de gestion du fumier.

Données sur les populations de bétail, N_(T)

Les données relatives à la population animale devront être obtenues suivant l'approche décrite à la section 10.2. Si l'on a choisi d'utiliser des taux d'excrétion de l'azote par défaut pour estimer les émissions de N₂O des systèmes de gestion du fumier, il suffira de faire une caractérisation des populations de bétail de niveau 1. Pour estimer les émissions de N₂O de la gestion du fumier à l'aide de taux d'excrétion d'azote calculés, il faudra faire une caractérisation de niveau 2. La section 10.2 précise que les *bonnes pratiques* relatives à la caractérisation des populations de bétail exigent une caractérisation unique fournissant les données sur les activités de toutes les sources d'émissions en fonction des données sur les populations de bétail.

Données sur l'utilisation des systèmes de gestion du fumier, $GF_{(T,S)}$

Les données sur l'utilisation des systèmes de gestion du fumier utilisées pour estimer les émissions de N_2O dues à la gestion du fumier devront être les mêmes que celles utilisées pour estimer les émissions de CH_4 dues à la gestion du fumier (voir au tableau 10.18 un résumé des principaux types de systèmes de gestion du fumier). La portion de fumier gérée dans chaque système de gestion du fumier doit être connue pour toutes les catégories de bétail représentatives. À noter que dans certains cas, le fumier peut être géré dans plusieurs types de systèmes de gestion du fumier. Par exemple, le fumier peut être rincé d'une étable à stabulation libre vers un bassin anaérobie en passant d'abord par une unité de séparation des solides où une partie des solides du fumier est extraite et gérée en tant que solide. Il est donc important de bien prendre en compte la fraction de fumier gérée dans chaque type de système.

Le meilleur moyen d'obtenir des données sur les systèmes de gestion du fumier est de consulter régulièrement les statistiques nationales publiées. Si ces statistiques ne sont pas disponibles, la meilleure option sera de mener une enquête indépendante sur l'utilisation des systèmes de gestion du fumier. Si l'on ne dispose pas des ressources nécessaires pour mener cette enquête, il faudra consulter les experts pour obtenir leur opinion sur la distribution des systèmes. Si l'on ne dispose pas des données sur l'utilisation des systèmes de gestion du fumier spécifiques au pays, on emploiera des valeurs par défaut. On obtiendra les valeurs par défaut du GIEC pour les vaches laitières, les autres bovins, les buffles, les suidés (cochons de marchés et de reproduction) et la volaille dans les tableaux 10A-4 à 10A-8 de l'annexe 10A.2. Le fumier d'autres catégories animales est généralement géré dans des pâturages et *via* la paissance.

TABLEAU 10.21 FACTEURS D'ÉMISSIONS PAR DÉFAUT DES ÉMISSIONS DIRECTES DE N₂O DUES À LA GESTION DU FUMIER					
Système	Définition		FE₃ (kg N₂O-N (kg azote excrété)⁻¹	Plages d'incertitude de FE₃	Source^a
Pâturages/parcours/parcelles	Le fumier des animaux paissant en pâturages ou en parcours reste sur place et n'est pas géré.		Les émissions directes et indirectes de N ₂ O associées au fumier déposé sur les sols agricoles et les pâturages, parcours, parcelles sont traitées à la section 11.2 du chapitre 11, <i>Émissions de N₂O des sols gérés</i> .		
Épandage quotidien	Le fumier est régulièrement extrait d'un lieu clos et appliqué à des terres cultivées ou pâturages dans les 24 heures après excrétion. On suppose que les émissions de N ₂ O pendant le stockage et le traitement sont nulles. Les émissions de N ₂ O dues à l'épandage sur les sols sont couvertes à la catégorie traitant des sols agricoles.		0	Sans objet	Opinion du groupe d'experts du GIEC (voir co-présidents, éditeurs et experts ; émissions de N ₂ O dues à la gestion du fumier).
Stockage solide ^b	Stockage de fumier en tas ou empilements en extérieur, en général pendant plusieurs mois. On peut empiler le fumier car il comporte assez de matériau de litière ou perd assez d'humidité en raison de l'évaporation.		0,005	Facteur de 2	Opinion du groupe d'experts du GIEC avec Amon <i>et al.</i> (2001), qui montre des émissions dans une plage de 0,0027 à 0,01 kg N ₂ O-N (kg N) ¹ .
Parc d'élevage	Lieu clos pavé ou non pavé, à ciel ouvert, sans couvert végétal important et où l'on extrait régulièrement le fumier s'accumulant. On trouve généralement les parcs d'élevage dans les climats secs mais ils existent aussi dans les climats humides.		0,02	Facteur de 2	Opinion du groupe d'experts du GIEC avec Kulling (2003).
Liquide/lisier	Le fumier est stocké tel qu'excrété ou avec un ajout minime d'eau afin de faciliter le traitement, et est stocké en bacs ou dans des fosses en terre.	Avec écorce terrestre naturelle	0,005	Facteur de 2	Opinion du groupe d'experts du GIEC avec Sommer <i>et al.</i> (2000).
		Sans écorce terrestre naturelle	0	Sans objet	Opinion du groupe d'experts du GIEC avec les recherches suivantes : Harper <i>et al.</i> (2000), Lague <i>et al.</i> (2004), Monteny <i>et al.</i> (2001), et Wagner-Riddle et Marinier (2003). Les émissions sont considérées comme négligeables en raison de l'absence de forme oxydée d'azote entrant dans ces systèmes, en plus de leur faible potentiel de nitrification et de dénitrification.
Bassin anaérobie ouvert	Les bassins anaérobies sont créés pour combiner la stabilisation des déchets et le stockage. On utilise généralement un surnageant de bassin pour extraire le fumier des enclos et l'ajouter au bassin. Les bassins anaérobies sont conçus en fonction de différentes durées de stockage (jusqu'à un an ou plus), de la région climatique, du taux de chargement des solides volatils et d'autres facteurs relatifs au fonctionnement. L'eau du bassin pourra être recyclée en tant qu'eau usée ou utilisée pour irriguer et fertiliser les champs.		0	Sans objet	Opinion du groupe d'experts du GIEC avec les recherches suivantes : Harper <i>et al.</i> (2000), Lague <i>et al.</i> (2004), Monteny <i>et al.</i> (2001), et Wagner-Riddle et Marinier (2003). Les émissions sont considérées comme négligeables en raison de l'absence de forme oxydée d'azote entrant dans ces systèmes, en plus de leur faible potentiel de nitrification et de dénitrification.
Stockage en fosses sous l'enclos animal	Collecte et stockage de fumier en ajoutant généralement peu ou pas d'eau, souvent sous un plancher latté dans un enclos animal fermé.		0,002	Facteur de 2	Opinion du groupe d'experts du GIEC avec les recherches suivantes : Amon <i>et al.</i> (2001) Kulling (2003) et Sneath <i>et al.</i> (1997).

TABLEAU 10.21 FACTEURS D'ÉMISSIONS PAR DÉFAUT DES ÉMISSIONS DIRECTES DE N ₂ O DUES À LA GESTION DU FUMIER					
Système	Définition	FE ₃ (kg N ₂ O-N (kg azote excrété) ⁻¹	Plages d'incertitude de FE ₃	Source ^a	
Digester anaérobie	Les digesteurs anaérobies sont créés à des fins de stabilisation des déchets via la réduction microbienne des composés organiques complexe en CO ₂ et CH ₄ , qui sont ensuite capturés et brûlés ou utilisés comme combustible.	0	Sans objet	Opinion du groupe d'experts du GIEC avec les recherches suivantes : Harper <i>et al.</i> (2000), Lague <i>et al.</i> (2004), Monteny <i>et al.</i> (2001), et Wagner-Riddle et Marinier (2003). Les émissions sont considérées comme négligeables en raison de l'absence de forme oxydée d'azote entrant dans ces systèmes, en plus de leur faible potentiel de nitrification et de dénitrification.	
Brûlage comme combustible ou avec les déchets	Les fèces sont excrétées dans les champs. Les excréments séchés au soleil sont brûlés comme combustible.	Les émissions associées au brûlage des fèces doivent être incluses à la catégorie GIEC <i>Combustion de combustible</i> si les fèces sont utilisées comme combustible, et à la catégorie GIEC <i>Incinération des déchets</i> si elles sont brûlées sans récupération d'énergie.			
	Le N de l'urine est déposé sur les pâturages et les parcelles.	Les émissions directes et indirectes de N ₂ O associées à l'urine déposée sur les sols agricoles et les pâturages, parcours, parcelles sont traitées à la section 11.2 du chapitre 11, <i>Émissions de N₂O des sols gérés</i> .			
Litière accumulée bovins et suidés	Au fur et à mesure de l'accumulation de fumier, on ajoute peu à peu de la litière afin d'absorber l'humidité durant tout le cycle de production, parfois même pendant 6 à 12 mois. Ce système de gestion du fumier est également connu sous le nom de système de gestion du fumier par paquets de litière et peut être combiné à des parcs d'élevage ou des pâturages.	Pas de mixage	0,01	Facteur de 2	Valeur moyenne basée sur Sommer et Moller (2000), Sommer (2000), Amon <i>et al.</i> (1998) et Nicks <i>et al.</i> (2003).
		Mixage actif	0,07	Facteur de 2	Valeurs moyennes basées sur Nicks <i>et al.</i> (2003) et Moller <i>et al.</i> (2000). Certaines recherches citent des valeurs plus élevées, jusqu'à 20 % pour les mélanges actifs bien entretenus, mais les systèmes étudiés incluaient le traitement de l'ammoniac, ce qui est atypique.
Compostage en cuve ^c	Compostage généralement effectué en bac clos avec aération forcée et mixage permanent.	0,006	Facteur de 2	Opinion du groupe d'experts GIEC Devraient être similaires aux empilements statiques.	
Compostage – empilements statiques ^c	Compostage en empilements avec aération forcée mais pas de mixage.	0,006	Facteur de 2	Hao <i>et al.</i> (2001).	
Compostage – andain intensif ^c	Compostage en andains avec retournement régulier à des fins de mixage et d'aération.	0,1	Facteur de 2	Opinion du groupe d'experts GIEC. Devraient être plus élevées que pour les andains passifs et le compostage intensif, puisque les émissions dépendent de la fréquence du retournement.	
Compostage – andain passif ^c	Compostage en andains avec retournement rare à des fins de mixage et d'aération.	0,01	Facteur de 2	Hao <i>et al.</i> (2001).	
Fumier de volaille avec litière	Similaire aux systèmes de litière accumulée. Généralement utilisé pour les troupeaux d'aviculture et pour l'élevage de poulets à viande et autres volailles.	0,001	Facteur de 2	Opinion du groupe d'expert du GIEC en fonction des fortes pertes d'ammoniac de ces systèmes, qui limitent la disponibilité de l'azote pour la nitrification/dénitrification.	
Fumier de volaille sans litière	Peut ressembler à des fosses ouvertes dans des enclos animaux fermés ou peut être créé pour sécher le fumier au fur et à mesure de son accumulation.	0,001	Facteur de 2	Opinion du groupe d'expert du GIEC en fonction des fortes pertes d'ammoniac de ces systèmes,	

TABLEAU 10.21
FACTEURS D'ÉMISSIONS PAR DÉFAUT DES ÉMISSIONS DIRECTES DE N₂O DUES À LA GESTION DU FUMIER

Système	Définition		FE ₃ (kg N ₂ O-N (kg azote excrété) ⁻¹	Plages d'incertitude de FE ₃	Source ^a
	Cette dernière technique est nommée système de gestion du fumier élevé et est une forme de compostage à andain passif lorsqu'il a été créé et qu'on s'en sert correctement.				qui limitent la disponibilité de l'azote pour la nitrification/dénitrification.
Traitement aérobie	Oxydation biologique du fumier collecté en tant que liquide avec aération forcée ou naturelle. L'aération naturelle se limite à des fosses aérobies facultatives et des systèmes de terres humides, et est principalement due à la photosynthèse. En conséquence pendant les périodes sans lumière du soleil, ces systèmes deviennent généralement anoxiques.	Systèmes à aération naturelle	0,01	Facteur de 2	Opinion du groupe d'experts GIEC. On utilise généralement la nitrification-dénitrification pour extraire l'azote du traitement biologique des eaux usées municipales et industrielles, avec des émissions de N ₂ O négligeables. L'oxydation limitée peut faire augmenter les émissions, par rapport aux systèmes à aération forcée.
		Systèmes à aération forcée	0,005	Facteur de 2	Opinion du groupe d'experts GIEC. On utilise généralement la nitrification-dénitrification pour extraire l'azote du traitement biologique des eaux usées municipales et industrielles, avec des émissions de N ₂ O négligeables.
<p>a Voir également Dustan (2002), qui rassemble des informations sur certaines références originales citées.</p> <p>b Il faudra utiliser des données quantitatives pour distinguer les systèmes solides des systèmes liquides/lisiers. La différence entre le sec et le liquide peut être fixée à 20 % de teneur en matières sèches.</p> <p>c Le compostage est l'oxydation biologique de déchets solides y compris le fumier, habituellement avec litière ou autre source de carbone organique, généralement à températures thermophiles produites par chaleur microbienne.</p>					

10.5.4 Coordination avec l'inventaire des émissions de N₂O des sols gérés

Après stockage ou traitement, quel que soit le type de système de gestion du fumier, la quasi-totalité du fumier est appliqué sur les sols. Les émissions provenant ensuite de l'application du fumier au sol doivent être incluses à la catégorie *Émissions de N₂O des sols gérés*. Les méthodes d'estimation de ces émissions se trouvent à la section 11.2 du chapitre 11. Pour estimer les émissions de N₂O des sols gérés, on calcule la quantité d'azote provenant du fumier animal directement appliquée aux sols, ou disponible à l'utilisation pour l'alimentation, le combustible ou la construction.

Une proportion significative d'azote total excrété par les animaux dans les systèmes de gestion (c'est-à-dire tout le bétail sauf en cas de paissance) est perdue avant l'application finale aux sols gérés ou l'utilisation pour l'alimentation, le combustible ou la construction. Pour estimer la quantité d'azote du fumier animal directement appliquée aux sols, ou disponible pour l'alimentation, le combustible ou la construction (c'est-à-dire la valeur utilisée aux équations 11.1 ou 11.2 du chapitre 11), il faudra réduire la quantité totale d'azote excrétée par les animaux dans les systèmes gérés par les pertes de N dues à la volatilisation (c'est-à-dire sous forme de NH₃, N₂ et NO_x), la conversion en N₂O et les pertes dues à la lixiviation et aux écoulements.

Lorsqu'on emploie de la litière organique (paille, sciure, copeaux, etc.), l'azote supplémentaire provenant du matériau de la litière doit être pris en considération et inclus dans le N du fumier géré appliqué aux sols. En général, la litière est ramassée avec le fumier restant et appliquée aux sols. Il faut toutefois noter que les pertes dues à la volatilisation et à la lixiviation pendant le stockage de la litière sont supposées être nulles, en raison de la lenteur de la minéralisation des composés azotés de la litière – par rapport au fumier –, et de la concentration négligeable de fraction ammoniacale dans la litière organique (Agence européenne pour l'environnement, 2002).

TABLEAU 10.22 VALEURS PAR DEFAUT DES PERTES D'AZOTE DUES A LA VOLATILISATION DE NH ₃ ET DE NO _x LORS DE LA GESTION DU FUMIER		
Type d'animal	Systèmes de gestion du fumier (SGF) ^a	Pertes de N des SGF dues à la volatilisation de N-NH ₃ et N-NO _x (%) ^b Frac _{GazGF} (Plage de Frac _{GazGF})
Suidés	Bassin anaérobie	40 % (25 – 75)
	Stockage en fosses	25 % (15 – 30)
	Litière accumulée	40 % (10 – 60)
	Liquide/lisier	48 % (15 – 60)
	Stockage solide	45 % (10 – 65)
Vaches laitières	Bassin anaérobie	35 % (20 – 80)
	Liquide/lisier	40 % (15 – 45)
	Stockage en fosses	28 % (10 – 40)
	Parc d'élevage	20 % (10 – 35)
	Stockage solide	30 % (10 – 40)
	Épandage quotidien	7 % (5 – 60)
Volaille	Volaille sans litière	55 % (40 – 70)
	Bassin anaérobie	40 % (25 – 75)
	Volaille avec litière	40 % (10 – 60)
Autres bovins	Parc d'élevage	30 % (20 – 50)
	Stockage solide	45 % (10 – 65)
	Litière accumulée	30 % (20 – 40)
Autres ^c	Litière accumulée	25 % (10 – 30)
	Stockage solide	12 % (5 – 20)

a Les systèmes de gestion du fumier incluent ici les pertes associées de N dans les enclos et le système de stockage final.

b Taux de volatilisation basés sur l'opinion du groupe d'experts du GIEC et les sources suivantes : Rotz (2003), Hutchings *et al.* (2001) et U.S EPA (2004).

c Autres inclut les moutons, les chevaux et les animaux à fourrure

L'estimation de l'azote des fumiers gérés disponible à l'application sur les sols gérés ou pour l'utilisation pour l'alimentation, le combustible ou la construction, se base sur l'équation suivante :

ÉQUATION 10.34
N DES FUMIERS GERES DISPONIBLE POUR L'APPLICATION AUX SOLS GERES, L'ALIMENTATION, LE COMBUSTIBLE OU LA CONSTRUCTION

$$N_{SGF_disp} = \sum_S \left\{ \sum_{(T)} \left[\left[(N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot GF_{(T,S)}) \cdot \left(1 - \frac{Frac_{PertesGF}}{100} \right) \right] + \left[N_{(T)} \cdot GF_{(T,S)} \cdot N_{litiereGF} \right] \right] \right\}$$

Où :

N_{SGF_disp} = quantité d'azote du fumier géré disponible pour l'application à des sols gérés, l'alimentation, le combustible ou la construction, kg N an⁻¹

$N_{(T)}$ = nombre de têtes de l'espèce de bétail/catégorie T dans le pays

$N_{ex(T)} =$ excréctions annuelles moyennes de N par tête de l'espèce/catégorie T dans le pays, $\text{kg N animal}^{-1} \text{ an}^{-1}$

$GF_{(T,S)} =$ fraction d'azote annuel total excrété par l'espèce/catégorie de bétail T gérée dans le système de gestion du fumier S dans le pays, non dimensionnel

$\text{Frac}_{\text{PertesGF}} =$ quantité d'azote de fumier géré pour la catégorie de bétail T perdue dans le système de gestion du fumier S , % (voir tableau 10.23)

$N_{\text{litièreGF}} =$ quantité d'azote de la litière (à appliquer pour les SGF de stockage solide et de litière accumulée s'ils utilisent des litières organiques), $\text{kg N animal}^{-1} \text{ an}^{-1}$

$S =$ système de gestion du fumier

$T =$ espèce/catégorie de bétail

Le matériau de litière varie beaucoup et les compilateurs d'inventaires devront développer des valeurs de $N_{\text{litièreGF}}$ en fonction des caractéristiques du matériau de litière utilisé dans leurs industries de bétail. Les quelques données existant dans les recherches scientifiques indiquent que la quantité d'azote contenue dans le matériau de litière organique appliqué aux vaches laitières et aux génisses tourne habituellement autour de $7 \text{ kg N animal}^{-1} \text{ an}^{-1}$, pour les autres bovins autour de $4 \text{ kg N animal}^{-1} \text{ an}^{-1}$, pour les cochons de marché ou de reproduction autour de $0,8$ et $5,5 \text{ kg N animal}^{-1} \text{ an}^{-1}$, respectivement. Pour les systèmes à litière accumulée, la quantité de N dans la litière est approximativement le double de ces chiffres (Webb, 2001 ; Döhler *et al.*, 2002).

Des valeurs par défaut des pertes totales d'azote des systèmes de gestion du fumier sont présentées au tableau 10.23. Ces valeurs par défaut incluent les pertes à partir du moment de l'excrétion, y compris les pertes des enclos animaux, les pertes dues au stockage du fumier, et les pertes dues à la lixiviation et aux écoulements au système de stockage du fumier, le cas échéant. Par exemple, les valeurs fournies pour les systèmes de bassins anaérobies laitiers incluent les pertes d'azote des étables laitières et des salles de traite avant la collecte et le traitement du fumier, ainsi que les pertes provenant du bassin.

Les niveaux de pertes totales d'azote des systèmes de gestion du fumier sont très variables. Le tableau 10.23 montre que la plupart de ces pertes sont dues à la volatilisation, surtout d'ammoniac peu après l'excrétion du fumier. Toutefois il y a aussi des pertes sous forme de NO_3 , N_2O et N_2 ainsi qu'en raison de la lixiviation et des écoulements lorsque le fumier est empilé. Les valeurs du tableau 10.23 sont des valeurs moyennes pour des combinaisons types d'enclos/stockage pour chaque catégorie animale. On encourage les pays à développer des valeurs nationales, notamment quant aux pertes d'ammoniac lorsque les émissions des éléments peuvent être aisément caractérisées pour les pratiques locales lors d'évaluations de la qualité de l'air plus générales, et lorsque les émissions peuvent être affectées par des stratégies de réduction de l'azote.

Les pays pourront souhaiter développer des approches différentes leur permettant de mieux prendre en compte les circonstances nationales et de réduire autant que possible les incertitudes de leurs estimations. Ainsi, ils devront caractériser le flux d'azote de manière plus précise en prenant en compte les éléments de l'enclos animal et des systèmes de gestion du fumier du pays, en fonction des activités d'atténuation éventuelles (par exemple utilisation de bâches sur les bacs de lisier) et des pratiques locales, comme le type de matériau de litière employé.

10.5.5 Évaluation des incertitudes

FACTEURS D'EMISSIONS – TAUX D'EXCRETION D'AZOTE

Les plages d'incertitude des taux d'excrétion de N par défaut sont estimées à environ $\pm 50\%$ (source : Opinion du groupe d'experts GIEC). Les plages d'incertitudes des valeurs de rétention du N par défaut fournies ici sont également estimées à $\pm 50\%$ (voir tableau 10.20). Si les agences chargées des inventaires calculent les taux d'excrétion du N à l'aide de statistiques nationales exactes sur la consommation et la rétention de N, les incertitudes associées aux taux d'excrétion de N seront réduites de beaucoup. Le degré d'incertitude peut être encore réduit si l'on utilise des mesures directes des émissions dues aux pertes d'azote des différents systèmes de gestion du fumier.

FACTEURS D'EMISSIONS – EMISSIONS DIRECTES DE N_2O

Les facteurs d'émissions par défaut pour cette catégorie de source présentent de grandes incertitudes (-50% à $+100\%$). Mais on pourra réduire les incertitudes en effectuant des mesures des émissions exactes et bien conçues à partir de types de fumiers et de systèmes de gestion du fumier bien caractérisés. Ces mesures devront prendre en compte la température, la teneur en humidité, l'aération, la teneur en N du fumier, le carbone métabolisable, la durée du stockage et autres aspects du traitement.

TABLEAU 10.23
VALEURS PAR DEFAUT DES PERTES TOTALES D'AZOTE DES SYSTEMES DE GESTION DU FUMIER

Catégorie animale	Système de gestion du fumier^a	Pertes totales de N du SGF^b FracPertesGF (Plage de FracPertesGF)
Suidés	Bassin anaérobie	78 % (55 – 99)
	Stockage en fosses	25 % (15 – 30)
	Litière accumulée	50 % (10 – 60)
	Liquide/lisier	48 % (15 – 60)
	Stockage solide	50 % (20 – 70)
Vaches laitières	Bassin anaérobie	77 % (55 – 99)
	Liquide/lisier	40% (15 – 45)
	Stockage en fosses	28% (10 – 40)
	Parc d'élevage	30 % (10 – 35)
	Stockage solide	40 % (10 – 65)
	Épandage quotidien	22 % (15 – 60)
Volaille	Volaille sans litière	55 % (40 – 70)
	Bassin anaérobie	77 % (50 – 99)
	Volaille avec litière	50 % (20 – 80)
Autres bovins	Parc d'élevage	40 % (20 – 50)
	Stockage solide	50 % (20 – 70)
	Litière accumulée	40 % (10 – 50)
Autres ^c	Litière accumulée	35 % (15 – 40)
	Stockage solide	15 % (5 – 20)

a Les systèmes de gestion du fumier incluent ici les pertes associées de N dans les enclos et le système de stockage final.

b Taux de pertes de N basés sur l'opinion du groupe d'experts du GIEC et les sources suivantes : Rotz (2003), Hutchings *et al.* (2001) et U.S EPA (2004). Les taux incluent les pertes sous forme de NH_3 , NO_x , N_2O et N_2 ainsi que celles dues à la lixiviation et aux écoulements des stockages solides et des parcs d'élevage. Les valeurs représentent des taux moyens pour des conditions types d'enclos et de stockage sans mesures particulières de contrôle de l'azote. Les plages reflètent les valeurs existant dans les recherches publiées. Lorsqu'existent des mesures de contrôle de l'azote, il faudra développer d'autres taux permettant de refléter ces mesures.

c Autres inclut les moutons, les chevaux et les animaux à fourrure

FACTEURS D'ÉMISSIONS – ÉMISSIONS INDIRECTES DE N_2O

Les plages d'incertitudes des pertes de N par défaut dues à la volatilisation du NH_3 et du NO_x et de pertes totales de N des systèmes de gestion du fumier se trouvent aux tableaux 10.22 et 10.23, respectivement. Les incertitudes associées aux facteurs d'émissions par défaut de la volatilisation et du redépôt de l'azote (FE_4) se trouvent au tableau 11.3 du chapitre 11. Les plages d'incertitude des facteurs d'émissions par défaut de la lixiviation et des écoulements (FE_5) se trouvent aussi au tableau 11.3. Il faudra être très attentif lors du développement de facteurs d'émissions spécifiques au pays de la volatilisation et du redépôt de l'azote, car les mesures directes devront inclure les transports atmosphériques transfrontaliers.

DONNEES SUR LES ACTIVITES – POPULATIONS DE BETAIL

Voir à la section 10.2, *Caractérisation du bétail et de son alimentation*, une discussion des incertitudes relatives aux données sur la caractérisation des populations animales et de leur alimentation.

DONNEES SUR LES ACTIVITES – UTILISATION DES SYSTEMES DE GESTION DU FUMIER

Les incertitudes relatives à l'utilisation des systèmes de gestion du fumier dépendent des caractéristiques de l'industrie de bétail des pays et de la manière dont les informations relatives à la gestion du fumier sont rassemblées. Par exemple, pour les pays disposant presque exclusivement d'un type de système de gestion, comme les parcs d'élevage, les incertitudes associées à l'utilisation des systèmes de gestion pourront être de 10 % ou moins. Mais pour les pays où existent une grande variété de systèmes de gestion utilisés de manière différente au niveau local, la plage d'incertitude des données d'utilisation des systèmes de gestion pourra être

beaucoup plus élevée (de 25 à 50 %), en fonction de la disponibilité de données d'enquêtes représentatives et fiables permettant de différencier les populations animales par utilisation de système. De préférence, les pays devront estimer l'incertitude associée à leurs données relatives à l'utilisation des systèmes de gestion à l'aide des méthodes décrites au chapitre 3 du volume 1.

10.5.6 Exhaustivité, série temporelle, assurance de la qualité/contrôle de la qualité et établissement de rapports

Pour obtenir un inventaire exhaustif, il faudra estimer les émissions de N₂O de tous les systèmes de gestion du fumier pour toutes les espèces/catégories de bétail. On encourage les pays à utiliser des définitions des systèmes de gestion du fumier correspondant à celles du tableau 10.18. Les données relatives aux populations devront être vérifiées par recoupement entre les principaux mécanismes d'enquêtes (comme les bases de données statistiques nationales ou de la FAO sur l'agriculture), afin de s'assurer que les informations utilisées sont exhaustives et cohérentes. La plupart des pays pourront préparer au minimum des estimations de niveau 1 des principales catégories de bétail car la base de données de la FAO relative au bétail est aisément disponible. La section 10.2 fournit des informations supplémentaires sur l'exhaustivité de la caractérisation du bétail.

Développer une série temporelle cohérente pour l'estimation des émissions de cette catégorie de source requiert au moins qu'on dispose d'une série temporelle cohérente des statistiques sur les populations de bétail. Les recommandations générales sur la cohérence des séries temporelles se trouvent au chapitre 5, volume 1, du présent rapport. Dans la plupart des pays, les deux autres ensembles de données sur les activités de cette catégorie de source (soit, les taux d'excrétion de N et les données relatives à l'utilisation des systèmes de gestion du fumier), et les facteurs d'émissions de la gestion du fumier, devront rester constants pendant toute la série temporelle. Néanmoins dans certains cas on pourra devoir modifier ces valeurs dans le temps. Par exemple, les agriculteurs peuvent changer de pratiques d'alimentation du bétail, ce qui pourra affecter les taux d'excrétion d'azote. Tel ou tel système de gestion du fumier pourrait changer en raison de pratiques opérationnelles ou de l'arrivée de nouvelles technologies, justifiant la révision du facteur d'émissions. Ces changements de pratiques peuvent être dus à la mise en place de mesures explicites d'atténuation des gaz à effet de serre ou à des changements de pratiques agricoles comme l'alimentation n'ayant rien à voir avec les gaz à effet de serre. Mais quels que soient les motifs des changements, les paramètres et les facteurs d'émissions utilisés pour estimer les émissions devront les refléter. L'inventaire devra expliquer précisément l'impact des changements de pratiques agricoles et/ou de la mise en place de mesures d'atténuation sur la série temporelle des données sur les activités ou des facteurs d'émissions.

Il est conforme aux *bonnes pratiques* d'effectuer des contrôles généraux de la qualité comme soulignés dans le chapitre 6 (*Assurance de la qualité/contrôle de la qualité et vérifications*) du volume 1 ainsi qu'une révision experte des estimations d'émissions. Des vérifications additionnelles du contrôle de la qualité et des procédures d'assurance de la qualité peuvent aussi être applicables, en particulier si des méthodes de niveaux supérieurs sont utilisées pour déterminer les émissions de cette source. L'AQ/CQ générale du traitement des données et de l'établissement de rapports devra être accompagnée des procédures suivantes :

Vérification des données sur les activités

- Les compilateurs d'inventaires devront revoir les méthodes de rassemblement des données sur le bétail, notamment pour vérifier si les données correspondant aux sous-espèces de bétail ont été rassemblées et agrégées correctement, en prenant en compte la durée des cycles de production. Les données devront être vérifiées par recoupements avec d'autres années afin de s'assurer qu'elles sont raisonnables et qu'elles correspondent aux tendances attendues. Les agences chargées des inventaires devront documenter toute méthode de rassemblement des données, identifier tout biais potentiel et évaluer la représentativité des données.
- L'attribution des systèmes de gestion du fumier devra être revue régulièrement afin de vérifier qu'on a bien pris en compte les changements relatifs à l'industrie du bétail. Les conversions d'un type de système de gestion à une autre, et les modifications techniques de la configuration et des performances des systèmes devront être prises en compte lors de la modélisation des systèmes du bétail concerné.
- Les politiques et réglementations agricoles nationales pourront affecter les paramètres utilisés pour calculer les émissions de fumier, et devront être consultées régulièrement pour déterminer leur impact. Par exemple, les directives relatives à la réduction des écoulements de fumier dans les nappes phréatiques peuvent entraîner une modification des pratiques de gestion, et ainsi affecter la distribution du N de telle ou telle catégorie de bétail. La cohérence devra être conservée entre l'inventaire et les changements continus de pratiques agricoles.

- Si des données nationales ont été utilisées pour $N_{ex(T)}$ et $GF_{(T,S)}$, l'agence chargée de l'inventaire devra comparer ces valeurs aux valeurs par défaut du GIEC. Il faudra documenter toute différence significative, toutes les sources des données et toutes les méthodes de calcul des données.
- Les taux d'excrétion de l'azote devront correspondre aux données sur la consommation d'alimentation déterminées par des analyses nutritionnelles animales, qu'ils soient tirés de valeurs par défaut ou spécifiques au pays.

Révision des facteurs d'émissions

- L'agence chargée de l'inventaire devra évaluer dans quelle mesure les taux d'excrétion d'azote et les facteurs d'émissions de N_2O sont comparables à d'autres sources de données nationales et aux données d'autres pays ayant des pratiques d'élevage similaires. Toute différence significative devra être évaluée.
- Si des facteurs d'émissions spécifiques au pays sont utilisés, l'agence chargée de l'inventaire devra les comparer aux facteurs par défaut et noter les différences. Le développement de facteurs d'émissions spécifiques au pays devra être expliqué et documenté, et les résultats révisés par des spécialistes experts indépendants.
- On révisera autant que possible les données des mesures, même si elles ne représentent qu'un petit échantillon de systèmes, en les comparant aux hypothèses des estimations d'émissions de N_2O . Les données de mesures représentatives pourront fournir une idée sur la mesure dans laquelle les hypothèses actuelles prédisent correctement la production de N_2O des systèmes de gestion du fumier dans la zone inventoriée, et la façon dont certains facteurs (par exemple la consommation d'alimentation, la configuration des systèmes ou la durée de rétention) affectent les émissions. Puisque les données de mesures sont relativement rares pour ces systèmes de par le monde, tout nouveau résultat permettra d'améliorer la compréhension de ces émissions et éventuellement leur prédiction.

Révision externe

- L'agence chargée de l'inventaire devra demander à des spécialistes en gestion du fumier et nutrition animale de mener une révision experte des méthodes et des données utilisées. Si ces experts pourront ne pas être spécialistes des émissions de gaz à effet de serre, leurs connaissances de paramètres d'entrées clé nécessaires au calcul des émissions pourra aider pour la vérification générale des émissions. Par exemple, les nutritionnistes animaux pourront évaluer les taux de production de N afin de voir s'ils correspondent aux recherches sur l'utilisation de l'alimentation de certaines espèces de bétail. En outre, les exploitants actuels pourront présenter des données sur les techniques de gestion du fumier réelles, comme les durées de stockage et l'utilisation de systèmes mixtes. Si possible, on fera en sorte que ces experts soient complètement indépendants du processus d'inventaire, pour que les révisions soient réellement externes.

Il est conforme aux *bonnes pratiques* de documenter et d'archiver toute l'information requise pour produire les estimations d'inventaire d'émissions nationales, comme souligné au chapitre 6 du volume 1 (*Assurance de la qualité/contrôle de la qualité et vérifications*). Si l'on a utilisé des facteurs d'émissions, des fractions de pertes de N, des taux d'excrétion de N ou des données sur l'utilisation des systèmes de gestion du fumier spécifiques au pays, le calcul de ces données et leurs références devront être documentés clairement avec les résultats de l'inventaire, à la catégorie de source GIEC appropriée.

Les émissions de N_2O de différents types de systèmes de gestion du fumier devront être indiquées en suivant les catégories du tableau 10.18. Les émissions de N_2O de tous les types de systèmes de gestion du fumier devront être indiquées à la section *Gestion du fumier*, à deux exceptions :

- Les émissions du système de gestion du fumier pour les *pâturages, parcours et parcelles* doivent être incluses à la catégorie de source GIEC *Émissions de N_2O des sols gérés* parce que ce type de fumier est déposé directement sur les sols par le bétail.
- Les émissions des systèmes de gestion du fumier par brûlage comme combustible doivent être incluses à la catégorie GIEC *Combustion de combustible* si les fèces sont utilisées comme combustible, et à la catégorie GIEC *Incinération des déchets* si elles sont brûlées sans récupération d'énergie. Il faut néanmoins noter que si l'azote urinaire n'est pas collecté à des fins de brûlage il faudra l'inclure avec les émissions de N_2O dues aux animaux de *pâturages, parcours et parcelles*.

10.5.7 Utilisation des feuilles de travail

Les feuilles de travail du N_2O du bétail incluses à l'annexe 1 (*Feuilles de travail AFAT*) sont destinées au calcul et à l'inclusion des rapports des informations de l'inventaire des méthodologies par défaut décrites à la section 10.5 *Émissions de N_2O dues à la gestion du fumier*. Un résumé étape par étape est présenté ci-dessous ; il fournit les instructions à suivre pour remplir les feuilles de travail. À noter que les colonnes sont présentées avec les

symboles des variables apparaissant dans les intitulés des colonnes des feuilles de travail

Étape 1 : Calcul de l'excrétion de N des systèmes de gestion du fumier (voir feuille de travail de la catégorie *Gestion du fumier : émissions directes de N₂O dues à la gestion du fumier, code de catégorie 3A2, feuille 1 sur 1*). Faire des photocopies de la feuille de travail et en remplir une par système de gestion du fumier (SGF).

Étape 1A : Rassembler les données sur les populations à partir de la caractérisation des populations de bétail et renseigner les valeurs correspondantes à la colonne $N_{(T)}$;

Étape 1B : Utiliser les valeurs par défaut de N_{taux} et de MAT (équation 10.30 et à l'aide des données du tableau 10.19 et des tableaux 10A-4 à 10A-9) ou développer des taux d'excrétion annuels moyens de l'azote par tête ($N_{\text{ex}(T)}$) pour toutes les espèces/catégories de bétail définies T et renseigner ces valeurs dans les colonnes N_{rate} et TAM, ou $N_{\text{ex}(T)}$, respectivement ;

Étape 1C : Renseigner à la colonne $MS_{(T,S)}$ les valeurs par défaut (voir tableaux 10A-4 à 10A-8 à l'annexe 10A.2) ou déterminer la fraction d'excrétion d'azote annuelle totale de toutes les espèces/catégories de bétail T gérées dans chaque système de gestion du fumier S ($GF_{(T,S)}$) ;

Étape 1D : Multiplier le nombre de têtes (colonne $N_{(T)}$) par la valeur du taux d'excrétion de N par tête ($N_{\text{ex}(T)}$) pour chaque espèce/catégorie de bétail T (colonne $N_{\text{ex}(T)}$) et par la fraction d'azote du fumier par SGF (colonne $MS_{(T,S)}$) afin d'estimer l'excrétion totale d'azote de chaque SGF en kilogrammes par an (colonne NE_{MMS}). Renseigner les résultats à la colonne NE_{MMS} de cette feuille, et à la colonne NE_{MMS} de la feuille 1 sur 2 et de la feuille 2 sur 2 des feuilles de travail à la catégorie *Émissions indirectes de N₂O dues à la gestion du fumier, code de catégorie 3C6*.

Étape 2 : Calcul des émissions directes de N₂O des systèmes de gestion du fumier (voir feuille de travail de la catégorie *Gestion du fumier : émissions directes de N₂O dues à la gestion du fumier, code de catégorie 3A2, feuille 1 sur 1*).

Étape 2A : Utiliser les valeurs par défaut (voir tableau 10.21) ou développer des facteurs d'émissions directes de N₂O pour tous les systèmes de gestion du fumier S ($FE_{3(S)}$), et renseigner le facteur d'émissions correspondant à la colonne $EF_{3(S)}$;

Étape 2B : Pour tous les types de systèmes de gestion du fumier S , multiplier son facteur d'émissions (colonne $EF_{3(S)}$) par la quantité totale d'azote géré dans ce systèmes (colonne NE_{MMS}), afin d'estimer les émissions de N₂O par SGF. Bien noter que les estimations d'émissions doivent être indiquées en kg de N₂O. Renseigner les résultats dans la colonne $N_{2O_{D(mm)}}$ de la feuille.

Étape 3 : Calcul des émissions indirectes de N₂O dues aux systèmes de gestion du fumier (voir feuille de travail de la catégorie *Émissions indirectes de N₂O dues à la gestion du fumier, code de catégorie 3C6, feuille 1 sur 2*). Faire des photocopies de la feuille de travail et en remplir une par système de gestion du fumier (SGF).

Étape 3A : Renseigner à la colonne $\text{Frac}_{\text{GasMS}}$ les valeurs par défaut (voir tableau 10.22) ou déterminer une fraction d'azote du fumier du bétail géré spécifique au pays et qui se volatilise sous forme de NH₃ et de NO_x pour chaque espèce/catégorie de bétail définie T par SGF ($\text{Frac}_{\text{GazGF}}$) ;

Étape 3B : Multiplier la fraction d'azote du fumier qui se volatilise sous forme de NH₃ et de NO_x (colonne $\text{Frac}_{\text{GasMS}}$) par la quantité totale d'azote excrétée par SGF par catégorie de bétail (colonne NE_{MMS}) afin d'estimer la quantité d'azote du fumier perdue pour cause de volatilisation sous forme de NH₃ et de NO_x ($N_{\text{volatilisation-SGF}}$) ;

Étape 3C : Utiliser les valeurs par défaut (voir tableau 11.3, chapitre 11, section 11.2 *Émissions de N₂O des sols gérés*) ou développer des facteurs d'émissions spécifiques au pays pour les émissions indirectes de N₂O dues au dépôt atmosphérique d'azote sur les sols et les surfaces aquatiques et renseigner le facteur d'émissions à la colonne EF_4 ;

Étape 3D : Multiplier la quantité d'azote du fumier perdue pour cause de volatilisation sous forme de NH₃ et de NO_x (colonne $N_{\text{volatilisations-MMS}}$) par le facteur d'émissions (colonne EF_4), pour calculer les émissions indirectes de N₂O par SGF. Bien noter que les estimations d'émissions doivent être indiquées en kg de N₂O. Renseigner les résultats dans la colonne $N_{2O_{G(mm)}}$ de la feuille.

Étape 4 : Calcul du N du fumier disponible pour l'application aux sols ou pour l'alimentation, le combustible ou la construction, des systèmes de gestion du fumier (voir feuille de travail de la catégorie *Émissions indirectes de N₂O dues à la gestion du fumier, code de catégorie 3C6, feuille 2 sur 2*). Faire des photocopies de la feuille de travail et en remplir une par système de gestion du fumier (SGF).

Étape 4A : Renseigner à la colonne $\text{Frac}_{\text{lossMS}}$ les valeurs par défaut (voir tableau 10.23) ou développer une fraction des pertes totales d'azote du fumier géré spécifique au pays par SGF et pour chaque

espèce/catégorie de bétail définie $T = (\text{Frac}_{\text{pertesGF}})$;

Étape 4B : Si l'on dispose de valeurs spécifiques au pays relatives à l'utilisation de litière organique pour les SGF par stockage solide ou litière accumulée, calculer la quantité de N de la litière en multipliant le nombre d'animaux associés à ces deux systèmes par la teneur en N de la litière par animal. Renseigner les résultats obtenus à la colonne $N_{\text{beddingMS}}$.

Étape 4C : Calculer le N du fumier géré disponible à l'application aux sols gérés, pour l'alimentation, le combustible ou la construction à l'aide de l'équation 10.34 et renseigner les résultats obtenus à la colonne $N_{\text{MMS_Avb}}$. Additionner ensuite les résultats de tous les systèmes de gestion du fumier. Cette valeur est utilisée pour le calcul des émissions de N_2O des sols gérés (voir les feuilles de travail de l'annexe 1).

Annexe 10A.1 Données sous-jacentes aux facteurs d'émissions de méthane par défaut pour la fermentation entérique

La présente annexe fournit les données nécessaires au développement des facteurs d'émissions par défaut du méthane de la fermentation entérique. La méthode de niveau 2 a été mise en place avec ces données afin d'estimer les facteurs d'émissions par défaut des bovins et des buffles.

TABLEAU 10A.1
DONNEES PERMETTANT D'ESTIMER LES FACTEURS D'EMISSIONS DU CH₄ DUES A LA FERMENTATION ENTERIQUE DES VACHES LAITIERES AU TABLEAU 10.11

Région	Poids, kg	Prise de poids, kg jour ⁻¹	Conditions alimentaires	Lait, kg jour ⁻¹	Travail, hr jour ⁻¹	% Gestation	Digestibilité de l'alimentation (DA %)	Facteur de conversion du CH ₄ (Y _m)
Amérique du Nord ^a	600	0	Nourries en étables	23,0	0	90 %	75 %	6,5 %
Europe de l'Ouest	600	0	Nourries en étables	16,4	0	90 %	70 %	6,5 %
Europe de l'Est ^b	550	0	Nourries en étables	7,0	0	80 %	60 %	6,5 %
Océanie ^c	500	0	Pâturages/parcours	6,0	0	80 %	60 %	6,5 %
Amérique latine ^d	400	0	Pâturages/parcours	2,2	0	80 %	60 %	6,5 %
Asie ^e	350	0	Nourries en étables	4,5	0	80 %	60 %	6,5 %
Afrique et Moyen-Orient	275	0	Nourries en étables	1,3	0	67 %	60 %	6,5 %
Sous-continent indien ^f	275	0	Nourries en étables	2,5	0	50 %	55 %	6,5 %

a Basé sur des estimations pour les États-Unis.
a Basé sur des estimations l'ex URSS.
c Basé sur des estimations moyennes pour la région.
d Basé sur des estimations pour le Brésil.
e Basé sur des estimations pour la Chine.
f Basé sur des estimations pour l'Inde.
Source : Gibbs et Johnson (1993).

TABLEAU 10A.2
DONNEES PERMETTANT D'ESTIMER LES FACTEURS D'EMISSIONS DU CH₄ DUES A LA FERMENTATION ENTERIQUE DES AUTRES BOVINS AU TABLEAU 10.11

Sous-catégorie	Poids, kg	Prise de poids, kg jour ⁻¹	Conditions alimentaires	Lait, kg jour ⁻¹	Travail, hr jour ⁻¹	% Gestation	Digestibilité de l'alimentation (DA %)	Facteur de conversion du CH ₄ (Y _m)	% mélange des populations pondéré jour	Facteur d'émissions (kg CH ₄ tête ⁻¹ an ⁻¹)
Amérique du Nord^a										
Femelles matures	500	0,0	Pâturages/parcours	3,3	0,0	80 %	60 %	6.5 %	36 %	76
Mâles matures	800	0,0	Pâturages/parcours	0,0	0,0	0 %	60 %	6.5 %	2 %	81
Veaux nourris au lait	100	0,9	Pâturages/parcours	0,0	0,0	0 %	SO	0.0 %	16 %	0
Veaux nourris au fourrage	185	0,9	Pâturages/parcours	0,0	0,0	0 %	65 %	6.5 %	8 %	48
Génisses/bouvillons en croissance	265	0,7	Pâturages/parcours	0,0	0,0	0 %	65 %	6.5 %	17 %	55
Remplacement/croissance	375	0,4	Pâturages/parcours	0,0	0,0	0 %	60 %	6.5 %	11 %	66
Bovins de parcs d'engraissement	415	1,3	Nourris en étables	0,0	0,0	0 %	75 %	3.0 %	11 %	33
Europe de l'Ouest										
Mâles matures	600	0,0	Pâturages/parcours	0,0	0,0	0 %	60 %	6.5 %	22 %	66
Remplacement/croissance	400	0,4	Pâturages/parcours	0,0	0,0	0 %	60 %	6.5 %	54 %	73
Veaux nourris au lait	230	0,3	Pâturages/parcours	0,0	0,0	0 %	65 %	0.0 %	15 %	0
Veaux nourris au fourrage	230	0,3	Pâturages/parcours	0,0	0,0	0 %	65 %	6.5 %	8 %	35
<small>a Basé sur des estimations pour les États-Unis ; b Basé sur des estimations pour l'ex URSS ; c Basé sur des estimations moyennes pour la région.</small>										

TABLEAU 10A.2 (SUITE)
DONNEES PERMETTANT D'ESTIMER LES FACTEURS D'EMISSIONS DU CH₄ DUES A LA FERMENTATION ENTERIQUE DES AUTRES BOVINS AU TABLEAU 10.11

Sous-catégorie	Poids, kg	Prise de poids, kg jour ⁻¹	Conditions alimentaires	Lait, kg jour ⁻¹	Travail, hr jour ⁻¹	% Gestation	Digestibilité de l'alimentation (DA %)	Facteur de conversion du CH ₄ (Y _m)	% mélange des populations pondéré jour	Facteur d'émissions (kg CH ₄ tête ⁻¹ an ⁻¹)
Europe de l'Est^b										
Femelles matures	500	0,0	Pâturages/parcours	3,3	0,0	67 %	60 %	6,5 %	30 %	75
Mâles matures	600	0,0	Pâturages/parcours	0,0	0,0	0 %	60 %	6,5 %	22 %	66
Jeunes	230	0,4	Pâturages/parcours	0,0	0,0	0 %	60 %	6,5 %	48 %	45
Océanie^c										
Femelles matures	400	0,0	Pâturages/parcours	2,4	0,0	67 %	55 %	6,5 %	51 %	71
Mâles matures	450	0,0	Pâturages/parcours	0,0	0,0	0 %	55 %	6,5 %	11 %	61
Jeunes	200	0,3	Pâturages/parcours	0,0	0,0	0 %	55 %	6,5 %	38 %	46
Amérique latine^d										
Femelles matures	400	0,0	Vastes superficies	1,1	0,0	67 %	60 %	6,5 %	37%	64
Mâles matures	450	0,0	Vastes superficies	0,0	0,0	0 %	60 %	6,5 %	6%	61
Jeunes	230	0,3	Vastes superficies	0,0	0,0	0 %	60 %	6,5 %	58%	49
Asie^e										
Femelles matures – fermes	325	0,0	Nourris en étables	1,1	0,55	33 %	55 %	6,5 %	27%	50
Femelles matures – pâturages	300	0,0	Pâturages/parcours	1,1	0,00	50 %	60 %	6,5 %	9%	46
Mâles matures – fermes	450	0,0	Nourris en étables	0,0	1,37	0 %	55 %	6,5 %	24%	59
Mâles matures – pâturages	400	0,0	Pâturages/parcours	0,0	0,00	0 %	60 %	6,5 %	8%	48
Jeunes	200	0,2	Pâturages/parcours	0,0	0,00	0 %	60 %	6,5 %	32%	36

TABLEAU 10A.2 (SUITE)
DONNEES PERMETTANT D'ESTIMER LES FACTEURS D'EMISSIONS DU CH₄ DUES A LA FERMENTATION ENTERIQUE DES AUTRES BOVINS AU TABLEAU 10.11

Sous-catégorie	Poids, kg	Prise de poids, kg jour ⁻¹	Conditions alimentaires	Lait, kg jour ⁻¹	Travail, hr jour ⁻¹	% Gestation	Digestibilité de l'alimentation (DA %)	Facteur de conversion du CH ₄ (Y _m)	% mélange des populations pondéré jour	Facteur d'émissions (kg CH ₄ tête ⁻¹ an ⁻¹)
Afrique										
Femelles matures	200	0,0	Nourris en étables	0,3	0,55	33 %	55 %	6,5 %	13%	32
Bœufs de tirage	275	0,0	Nourris en étables	0,0	1,37	0 %	55 %	6,5 %	13%	41
Femelles matures – pâturages	200	0,0	Vastes superficies	0,3	0,00	33 %	55 %	6,5 %	6%	41
Taureaux – pâturages	275	0,0	Vastes superficies	0,0	0,00	0 %	55 %	6,5 %	25%	49
Jeunes	75	0,1	Pâturages/parcours	0,0	0,00	0 %	60 %	6,5 %	44%	16
Sous-continent indien^f										
Femelles matures	125	0,0	Nourris en étables	0,6	0,00	33 %	50 %	6,5 %	40%	28
Mâles matures	200	0,0	Nourris en étables	0,0	2,74	0 %	50 %	6,5 %	10%	42
Jeunes	80	0,1	Nourris en étables	0,0	0,00	0 %	50 %	6,5 %	50%	23
<small>d Basé sur des estimations pour le Brésil ; e Basé sur des estimations pour la Chine ; f Basé sur des estimations sur l'Inde ; Source : Gibbs et Johnson (1993).</small>										

TABLEAU 10A.3										
DONNEES PERMETTANT D'ESTIMER LES FACTEURS D'EMISSIONS DU CH₄ DUES A LA FERMENTATION ENTERIQUE DES BUFFLES										
Sous-catégorie	Poids, kg	Prise de poids, kg jour ⁻¹	Conditions alimentaires	Lait, kg jour ⁻¹	Travail, hr jour ⁻¹	% Gestatio n	Digestibilité de l'alimenta- tion (DA %)	Facteur de conversion du CH ₄ (Y _m)	% mélange des populations pondéré jour	Facteurs d'émissions, (kg CH ₄ -tête ⁻¹ an ⁻¹)
Sous-continent indien^a										
Mâles adultes	350 - 550	0,00	Nourris en étables	0,00	1,37	0 %	55 %	6,5 %	14 %	55 - 77
Femelles adultes	250 - 450	0,00	Nourris en étables	2,70	0,55	33 %	55 %	6,5 %	40 %	57 - 80
Jeunes	100 - 300	0,15	Nourris en étables	0,00	0,00	0 %	55 %	6,5 %	46 %	23 - 50
Autres pays^b										
Mâles adultes	350 - 550	0,00	Nourris en étables	0,00	1,37	0 %	55 %	6,5 %	45 %	55 - 77
Femelles adultes	250 - 450	0,00	Nourris en étables	0,00	0,55	25 %	55 %	6,5 %	45 %	45 - 67
Jeunes	100 - 300	0,15	Nourris en étables	0,15	0,00	0 %	55 %	6,5 %	10 %	23 - 50
a Basé sur des estimations pour l'Inde.										
b Basé sur des estimations pour la Chine.										
Source : Gibbs et Johnson (1993).										

Annexe 10A.2 Données sous-jacentes aux facteurs d'émissions de méthane par défaut pour la gestion du fumier

La présente annexe fournit les données nécessaires au développement des facteurs d'émissions par défaut du méthane de la gestion du fumier. La méthode de niveau 2 a été mise en place avec ces données afin d'estimer les facteurs d'émissions par défaut pour toutes les catégories de bétail.

Tableau 10A.4

Calcul du facteur d'émissions de méthane dues à la gestion du fumier des vaches laitières

Température annuelle moyenne (°C)		Système de gestion du fumier SGF								
		Bassin 1	Liquide/ Lisier	Stockage solide	Parc d'élevage	Pâturages / parcours / parcelles	Épandage quotidien	Digesteur	Brûlage comme combustible	Autres
Froid	10	66%	17%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%
	11	68%	19%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%
	12	70%	20%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%
	13	71%	22%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%
Tempéré	14	73%	25%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%
	15	74%	27%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%
	16	75%	29%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%
	17	76%	32%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%
	18	77%	35%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%
	19	77%	39%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%
	20	78%	42%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%
	21	78%	46%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%
	22	78%	50%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%
	23	79%	55%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%
Chaud	24	79%	60%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%
	25	79%	65%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%
	26	79%	71%	5,0%	2,0%	2,0%	1,0%	10,0%	10,0%	1,0%
	27	80%	78%	5,0%	2,0%	2,0%	1,0%	10,0%	10,0%	1,0%
	28	80%	80%	5,0%	2,0%	2,0%	1,0%	10,0%	10,0%	1,0%

Région	Caractéristiques de la vache laitière			Utilisation du système de gestion du fumier (% GF)								
	Masse ^a kg	B ₀ ^b m ³ CH ₄ /kg SV	SV ^c kg/ tête /jour									
Amérique du Nord ^d	604	0,24	5,4	15,0%	27,0%	26,3%	0,0%	10,8%	18,4%	0,0%	0,0%	2,6%
Europe de l'Ouest	600	0,24	5,1	0,0%	35,7%	36,8%	0,0%	20,0%	7,0%	0,0%	0,0%	0,5%
Europe de l'Est	550	0,24	4,5	0,0%	17,5%	60,0%	0,0%	18,0%	2,5%	0,0%	0,0%	2,0%
Océanie	500	0,24	3,5	16,0%	1,0%	0,0%	0,0%	76,0%	8,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Amérique latine	400	0,13	2,9	0,0%	1,0%	1,0%	0,0%	36,0%	62,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Afrique	275	0,13	1,9	0,0%	0,0%	1,0%	0,0%	83,0%	5,0%	0,0%	6,0%	4,0%
Moyen-Orient	275	0,13	1,9	0,0%	1,0%	2,0%	0,0%	80,0%	2,0%	0,0%	17,0%	0,0%
Asie	350	0,13	2,8	4,0%	38,0%	0,0%	0,0%	20,0%	29,0%	2,0%	7,0%	0,0%
Sous-continent indien	275	0,13	2,6	0,0%	1,0%	0,0%	0,0%	27,0%	19,0%	1,0%	51,0%	0,0%

a Masse moyenne des vaches laitières par région (estimations par défaut ± 10 %)
 b Estimations de B₀ ± 15 %
 c Production moyenne de SV par tête par jour par vache laitière moyenne (estimations par défaut ± 20 %)
 d Pour l'Amérique du Nord, « autres » systèmes de gestion du fumier représente des fosses profondes, qui présentent les mêmes valeurs de FM que le liquide/lisier
 Les facteurs d'émissions (FE) de chaque région sont calculés à partir de l'équation 10.23.

1 Les FCM des systèmes liquides/lisier et par bassins sont calculés à l'aide de l'équation van't Hoff-Arrhenius traitant du rapport température/activités biologiques. Les FCM des bassins sont également calculés sur la base de durées de rétention plus longues (jusqu'à un an) [Mangino *et al.*, 2001]

Sources : Pour l'Amérique du Nord, les valeurs de la masse des vaches laitières sont tirées de Safley (2000) et les valeurs des SV sont estimées en fonction d'une analyse de données sur l'alimentation de Petersen *et al* (2003). Les valeurs relatives à l'utilisation des systèmes de gestion du fumier en Amérique du Nord sont estimées à l'aide de données du recensement agricole et rapports sur les systèmes de contrôle de la santé des animaux 1992 et 1997 de l'USDA. Les valeurs de B₀ proviennent de Morris (1976) et de Bryant *et al* (1976). Pour l'utilisation des systèmes de gestion du fumier d'Europe occidentale et orientale, les valeurs de la masse et des SV sont basées sur l'analyse des inventaires nationaux de GES des pays de l'Annexe I soumis au secrétariat de la CCNUCC en 2004. Pour le reste du monde, les informations précises sur les vaches laitières proviennent de Gibbs et Johnson (1993), et les estimations de l'utilisation des systèmes de gestion du fumier et de B₀ proviennent de Safley *et al* (1992). Les données relatives au facteur de conversion du méthane sont tirées de Woodburg et Hashimoto (1993). Les FCM des bassins et systèmes liquides/lisiers se basent sur des données obtenues par l'analyse de ces systèmes aux États-Unis.

Facteurs d'émissions

kg CH₄ par tête par an

Froid			Tempéré												Chaud			
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
48	50	53	55	58	63	65	68	71	74	78	81	85	89	93	98	105	110	112
21	23	25	27	29	34	37	40	43	47	51	55	59	64	70	75	83	90	92
11	12	13	14	15	20	21	22	23	25	27	28	30	33	35	37	42	45	46
23	24	25	26	26	27	28	28	28	29	29	29	29	29	30	30	31	31	31
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
9	10	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20	21	23	24	26	28	31	31
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6

Tableau 10A-5
Calcul du facteur d'émissions de méthane dues à la gestion du fumier des autres bovins

Température annuelle moyenne (°C)		Système de gestion du fumier SGF								
		Bassin ¹	Liquide/ lisier ¹	Stockage solide	Parc d'élevage	Pâturages/ parcours/ parcelles	Épandage quotidien	Digesteur	Brûlage comme combustible	Autres
Froid	10	66%	17%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%
	11	68%	19%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%
	12	70%	20%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%
	13	71%	22%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%
	14	73%	25%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%
Tempéré	15	74%	27%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%
	16	75%	29%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%
	17	76%	32%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%
	18	77%	35%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%
	19	77%	39%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%
	20	78%	42%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%
	21	78%	46%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%
	22	78%	50%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%
	23	79%	55%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%
	24	79%	60%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%
	25	79%	65%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%
Chaud	26	79%	71%	5,0%	2,0%	2,0%	1,0%	10,0%	10,0%	1,0%
	27	80%	78%	5,0%	2,0%	2,0%	1,0%	10,0%	10,0%	1,0%
	28	80%	80%	5,0%	2,0%	2,0%	1,0%	10,0%	10,0%	1,0%

Région	Caractéristiques des autres bovins			Utilisation du système de gestion du fumier (% GF)								
	Masse ^a kg	B ₀ ^b m ³ CH ₄ /kg SV	SV ^c kg/tête/jour	Bassin	Liquide/ lisier	Stockage solide	Parc d'élevage	Pâturages/ parcours/ parcelles	Épandage quotidien	Digesteur	Brûlage comme combustible	Autres
Amérique du Nord	389	0,19	2,4	0,0%	0,2%	0,0%	18,4%	81,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Europe de l'Ouest	420	0,18	2,6	0,0%	25,2%	39,0%	0,0%	32,0%	1,8%	0,0%	0,0%	2,0%
Europe de l'Est	391	0,17	2,7	0,0%	22,5%	44,0%	0,0%	20,0%	0,0%	0,0%	0,0%	13,5%
Océanie	330	0,17	3,0	0,0%	0,0%	0,0%	9,0%	91,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Amérique latine	305	0,1	2,5	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	99,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%
Afrique	173	0,1	1,5	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	95,0%	1,0%	0,0%	3,0%	0,0%
Moyen-Orient	173	0,1	1,5	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%	79,0%	2,0%	0,0%	17,0%	2,0%
Asie	319	0,1	2,3	0,0%	0,0%	0,0%	46,0%	50,0%	2,0%	0,0%	2,0%	0,0%
Sous-continent indien	110	0,1	1,4	0,0%	1,0%	0,0%	4,0%	22,0%	20,0%	1,0%	53,0%	0,0%

^a Masse moyenne des autres bovins par région (estimations par défaut ± 25 %)
^b Estimations de B₀ ± 15 %
^c Production moyenne de SV par tête par jour par vache non laitière moyenne (estimations par défaut ± 35 %)

Les facteurs d'émissions (FE) de chaque région sont calculés à partir de l'équation 10.23.

1 Les FCM des systèmes liquides/lisier et par bassins sont calculés à l'aide de l'équation van't Hoff-Arrhenius traitant du rapport température/activités biologiques. Les FCM des bassins sont également calculés sur la base de durées de rétention plus longues (jusqu'à un an) [Mangino *et al.*, 2001]

Sources : Pour l'Amérique du Nord, les valeurs de la masse des autres bovins sont tirées de Safley (2000) et de Agricultural Waste Management Field Handbook, et les valeurs des SV sont estimées en fonction d'une analyse de données sur l'alimentation de Petersen *et al.* (2003). Les valeurs relatives à l'utilisation des systèmes de gestion du fumier en Amérique du Nord sont estimées à l'aide de données du recensement agricole et rapports sur les systèmes de contrôle de la santé des animaux 1992 et 1997 de l'USDA. Les valeurs de B₀ proviennent de Hashimoto (1981). Pour l'utilisation des systèmes de gestion du fumier d'Europe occidentale et orientale, les valeurs de la masse, de B₀ et des SV sont basées sur l'analyse des inventaires nationaux de GES des pays de l'Annexe I soumis au secrétariat de la CCNUCC en 2004. Pour le reste du monde, les informations précises sur les bovins proviennent de Gibbs et Johnson (1993), et les estimations de l'utilisation des systèmes de gestion du fumier et de B₀ proviennent de Safley *et al.* (1992). Les données relatives au facteur de conversion du méthane sont tirées de Woodbury et Hashimoto (1993). Les FCM des bassins et systèmes liquides/lisiers se basent sur des données obtenues par l'analyse de ces systèmes aux États-Unis.

Facteurs d'émissions
kg CH₄ par tête par an

Froid			Tempéré													Chaud		
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
6	7	7	8	8	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20	21	24	25	26
6	6	7	7	8	9	10	11	11	12	13	14	15	16	18	19	21	23	23
1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Température annuelle moyenne (°C)		Système de gestion du fumier SGF								
		Bassin ¹	Liquide/ lisier ¹	Stockage solide	Parc d'élevage	Pâturages/ parcours/ parcelles	Épandage quotidien	Digesteur	Brûlage comme combustible	Autres
Froid	10	66%	17%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%
	11	68%	19%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%
	12	70%	20%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%
	13	71%	22%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%
	14	73%	25%	2,0%	1,0%	1,0%	0,1%	10,0%	10,0%	1,0%
Tempéré	15	74%	27%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%
	16	75%	29%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%
	17	76%	32%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%
	18	77%	35%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%
	19	77%	39%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%
	20	78%	42%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%
	21	78%	46%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%
	22	78%	50%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%
	23	79%	55%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%
	24	79%	60%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%
	25	79%	65%	4,0%	1,5%	1,5%	0,5%	10,0%	10,0%	1,0%
Chaud	26	79%	71%	5,0%	2,0%	2,0%	1,0%	10,0%	10,0%	1,0%
	27	80%	78%	5,0%	2,0%	2,0%	1,0%	10,0%	10,0%	1,0%
	28	80%	80%	5,0%	2,0%	2,0%	1,0%	10,0%	10,0%	1,0%

Région	Caractéristiques des buffles			Utilisation du système de gestion du fumier (% GF)							
	Masse ^a kg	B ₀ m ³ CH ₄ /kg SV	SV ^b Kg/tête/jour								
Amérique du Nord	(Sans objet)			(Sans objet)							
Europe de l'Ouest	380	0,1	3,9	0%	20%	0%	79%	0%	0%	0%	0%
Europe de l'Est	380	0,1	3,9	0%	24%	0%	0%	29%	0%	0%	47%
Océanie	(Sans objet)			(Sans objet)							
Amérique latine	380	0,1	3,9	0%	0%	0%	0%	99%	0%	0%	1%
Afrique	(Sans objet)			(Sans objet)							
Moyen-Orient	380	0,1	3,9	0%	0%	0%	0%	20%	19%	0%	42%
Asie	380	0,1	3,9	0%	0%	0%	41%	50%	4%	0%	5%
Sous-continent indien	295	0,1	3,1	0%	0%	0%	4%	19%	21%	1%	55%

^a Masse moyenne des buffles par région
^b Production moyenne de SV par tête par jour par vache non laitière moyenne

Les facteurs d'émissions (FE) de chaque région sont calculés à partir de l'équation 10.23.

¹ Les FCM des systèmes liquides/lisier et par bassins sont calculés à l'aide de l'équation van't Hoff-Arrhenius traitant du rapport température/activités biologiques. Les FCM des bassins sont également calculés sur la base de durées de rétention plus longues (jusqu'à un an) [Mangino *et al.*, 2001]

Sources : Les informations précises concernant les buffles se trouvent dans Gibbs et Johnson (1993), et les estimations des systèmes de gestion du fumier et de B₀ sont tirées de Safley et al (1992). Les données relatives au facteur de conversion du méthane sont tirées de Woodbury et Hashimoto (1993). Les FCM des bassins et systèmes liquides/lisiers se basent sur des données obtenues par l'analyse de ces systèmes aux États-Unis.

		Froid															Tempéré										Chaud											
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28																		
		Sans objet																																				
		4	4	5	5	5	6	7	7	8	9	9	10	11	12	13	14	15	16	17	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		5	5	5	6	6	7	8	8	9	10	11	11	12	13	15	16	17	19	19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	
		Sans objet																																				
		4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
		4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Température annuelle moyenne (°C)		Système de gestion du fumier SGF								
		Bassin ¹	Liquide/ lisier ¹	Stockage solide	Parc d'élevage	Fosse <1 mois	Fosse >1 mois	Épandage quotidien	Digester	Autres
Froid	10	66%	17%	2,0%	1,0%	3,0%	17%	0,1%	10,0%	1,0%
	11	68%	19%	2,0%	1,0%	3,0%	19%	0,1%	10,0%	1,0%
	12	70%	20%	2,0%	1,0%	3,0%	20%	0,1%	10,0%	1,0%
	13	71%	22%	2,0%	1,0%	3,0%	22%	0,1%	10,0%	1,0%
	14	73%	25%	2,0%	1,0%	3,0%	25%	0,1%	10,0%	1,0%
Tempéré	15	74%	27%	4,0%	1,5%	3,0%	27%	0,5%	10,0%	1,0%
	16	75%	29%	4,0%	1,5%	3,0%	29%	0,5%	10,0%	1,0%
	17	76%	32%	4,0%	1,5%	3,0%	32%	0,5%	10,0%	1,0%
	18	77%	35%	4,0%	1,5%	3,0%	35%	0,5%	10,0%	1,0%
	19	77%	39%	4,0%	1,5%	3,0%	39%	0,5%	10,0%	1,0%
	20	78%	42%	4,0%	1,5%	3,0%	42%	0,5%	10,0%	1,0%
	21	78%	46%	4,0%	1,5%	3,0%	46%	0,5%	10,0%	1,0%
	22	78%	50%	4,0%	1,5%	3,0%	50%	0,5%	10,0%	1,0%
	23	79%	55%	4,0%	1,5%	3,0%	55%	0,5%	10,0%	1,0%
	24	79%	60%	4,0%	1,5%	3,0%	60%	0,5%	10,0%	1,0%
	25	79%	65%	4,0%	1,5%	3,0%	65%	0,5%	10,0%	1,0%
Chaud	26	79%	71%	5,0%	2,0%	30,0%	71%	1,0%	10,0%	1,0%
	27	80%	78%	5,0%	2,0%	30,0%	78%	1,0%	10,0%	1,0%
	28	80%	80%	5,0%	2,0%	30,0%	80%	1,0%	10,0%	1,0%

Région	Caractéristiques des suidés de marché			Utilisation du système de gestion du fumier (% GF)								
	Masse ^a kg	B ₀ ^b m ³ CH ₄ /kg SV	SV ^c kg/tête/jour	Bassin	Liquide/ lisier	Stockage solide	Parc d'élevage	Fosse <1 mois	Fosse >1 mois	Épandage quotidien	Digester	Autres
Amérique du Nord	46	0,48	0,27	32,8%	18,5%	4,2%	4,0%	0,0%	40,6%	0,0%	0,0%	0,0%
Europe de l'Ouest	50	0,45	0,3	8,7%	0,0%	13,7%	0,0%	2,8%	69,8%	2,0%	0,0%	3,0%
Europe de l'Est	50	0,45	0,3	3,0%	0,0%	42,0%	0,0%	24,7%	24,7%	0,0%	0,0%	5,7%
Océanie	45	0,45	0,28	54,0%	0,0%	3,0%	15,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	28,0%
Amérique latine	28	0,29	0,3	0,0%	8,0%	10,0%	41,0%	0,0%	0,0%	2,0%	0,0%	40,0%
Afrique	28	0,29	0,3	0,0%	6,0%	6,0%	87,0%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Moyen-Orient	28	0,29	0,3	0,0%	14,0%	0,0%	69,0%	0,0%	17,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Asie	28	0,29	0,3	0,0%	40,0%	0,0%	54,0%	0,0%	0,0%	0,0%	7,0%	0,0%
Sous-continent indien	28	0,29	0,3	9,0%	22,0%	16,0%	30,0%	3,0%	0,0%	9,0%	8,0%	3,0%

a Masse moyenne des suidés de marché par région (estimations par défaut ± 20 %)
b Estimations de B₀ ± 15 %
c Production moyenne de SV par tête par jour par suidé de marché moyen (estimations par défaut ± 25 %)

Les facteurs d'émissions (FE) de chaque région sont calculés à partir de l'équation 10.23.

¹ Les FCM des systèmes liquides/lisier et par bassins sont calculés à l'aide de l'équation van't Hoff-Arrhenius traitant du rapport température/activités biologiques. Les FCM des bassins sont également calculés sur la base de durées de rétention plus longues (jusqu'à un an) [Mangino *et al.*, 2001]

		Température																																								
		Froid											Tempéré											Chaud																		
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28					
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28					
6	6	7	7	8	9	9	10	11	11	12	13	14	15	16	18	19	21	21	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	10	10	10						
11	11	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2						
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6					
2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	6	6	7	7	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6	6

Température annuelle moyenne (°C)		Système de gestion du fumier SGF								
		Bassin ¹	Liquide/ lisier ¹	Stockage solide	Parc d'élevage	Fosse <1 mois	Fosse >1 mois	Épandage quotidien	Digesteur	Autres
Froid	10	66%	17%	2,0%	1,0%	3,0%	17%	0,1%	10,0%	1,0%
	11	68%	19%	2,0%	1,0%	3,0%	19%	0,1%	10,0%	1,0%
	12	70%	20%	2,0%	1,0%	3,0%	20%	0,1%	10,0%	1,0%
	13	71%	22%	2,0%	1,0%	3,0%	22%	0,1%	10,0%	1,0%
	14	73%	25%	2,0%	1,0%	3,0%	25%	0,1%	10,0%	1,0%
Tempéré	15	74%	27%	4,0%	1,5%	3,0%	27%	0,5%	10,0%	1,0%
	16	75%	29%	4,0%	1,5%	3,0%	29%	0,5%	10,0%	1,0%
	17	76%	32%	4,0%	1,5%	3,0%	32%	0,5%	10,0%	1,0%
	18	77%	35%	4,0%	1,5%	3,0%	35%	0,5%	10,0%	1,0%
	19	77%	39%	4,0%	1,5%	3,0%	39%	0,5%	10,0%	1,0%
	20	78%	42%	4,0%	1,5%	3,0%	42%	0,5%	10,0%	1,0%
	21	78%	46%	4,0%	1,5%	3,0%	46%	0,5%	10,0%	1,0%
	22	78%	50%	4,0%	1,5%	3,0%	50%	0,5%	10,0%	1,0%
	23	79%	55%	4,0%	1,5%	3,0%	55%	0,5%	10,0%	1,0%
	24	79%	60%	4,0%	1,5%	3,0%	60%	0,5%	10,0%	1,0%
	25	79%	65%	4,0%	1,5%	3,0%	65%	0,5%	10,0%	1,0%
Chaud	26	79%	71%	5,0%	2,0%	30,0%	71%	1,0%	10,0%	1,0%
	27	80%	78%	5,0%	2,0%	30,0%	78%	1,0%	10,0%	1,0%
	28	80%	80%	5,0%	2,0%	30,0%	80%	1,0%	10,0%	1,0%

Région	Caractéristiques des suidés de marché			Utilisation du système de gestion du fumier (% GF)								
	Masse ^a	B _o ^b	SV ^c									
	kg	m ³ CH ₄ /kg SV	kg/tête/jour									
Amérique du Nord	198	0,48	0,5	32,8%	18,5%	4,2%	4,0%	0,0%	40,6%	0,0%	0,0%	0,0%
Europe de l'Ouest	198	0,45	0,46	8,7%	0,0%	13,7%	0,0%	2,8%	69,8%	2,0%	0,0%	3,0%
Europe de l'Est	180	0,45	0,5	3,0%	0,0%	42,0%	0,0%	24,7%	24,7%	0,0%	0,0%	5,7%
Océanie	180	0,45	0,5	54,0%	0,0%	3,0%	15,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	28,0%
Amérique latine	28	0,29	0,3	0,0%	8,0%	10,0%	41,0%	0,0%	0,0%	2,0%	0,0%	40,0%
Afrique	28	0,29	0,3	0,0%	6,0%	6,0%	87,0%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Moyen-Orient	28	0,29	0,3	0,0%	14,0%	0,0%	69,0%	0,0%	17,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Asie	28	0,29	0,3	0,0%	40,0%	0,0%	54,0%	0,0%	0,0%	0,0%	7,0%	0,0%
Sous-continent indien	28	0,29	0,3	9,0%	22,0%	16,0%	30,0%	3,0%	0,0%	9,0%	8,0%	3,0%

a Masse moyenne des suidés de reproduction par région (estimations par défaut ± 20 %)
b Estimations de B_o ± 15 %
c Production moyenne de SV par tête par jour par suidé de marché moyen (estimations par défaut ± 25 %)

Les facteurs d'émissions (FE) de chaque région sont calculés à partir de l'équation 10.23.

¹ Les FCM des systèmes liquides/lisier et par bassins sont calculés à l'aide de l'équation van't Hoff-Arrhenius traitant du rapport température/activités biologiques. Les FCM des bassins sont également calculés sur la base de durées de rétention plus longues (jusqu'à un an) [Mangino *et al.*, 2001]

Sources : Pour l'Amérique du Nord, les valeurs de la masse, des SV et de B_o sont tirées de Safley (2000), du Agricultural Waste Management Field Handbook de l'USDA, et de Hashimoto (1984), respectivement. Les valeurs relatives à l'utilisation des systèmes de gestion du fumier en Amérique du Nord sont estimées à l'aide de données du recensement agricole et rapports sur les systèmes de contrôle de la santé des animaux 1992 et 1997 de l'USDA. Pour l'utilisation des systèmes de gestion du fumier d'Europe occidentale et orientale, les valeurs de la masse, de B_o et des SV sont basées sur l'analyse des inventaires nationaux de GES des pays de l'Annexe I soumis au secrétariat de la CCNUCC en 2004. Pour le reste du monde, les données relatives à la consommation d'alimentation des suidés proviennent de Crutzen *et al* (1986), et les estimations de l'utilisation des systèmes de gestion du fumier et de B_o proviennent de Safley *et al* (1992). Les données relatives au facteur de conversion du méthane sont tirées de Woodbury et Hashimoto (1993). Les FCM des bassins et systèmes liquides/lisiers se basent sur des données obtenues par l'analyse de ces systèmes aux États-Unis.

Facteurs d'émissions																											
kg CH ₄ par tête par an																											
Froid					Tempéré															Chaud							
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	26	27	28						
19	20	21	22	23	24	26	27	28	29	31	32	34	35	37	39	41	44	45									
9	10	10	11	12	13	14	15	16	17	19	20	22	23	25	27	29	32	33									
4	5	5	5	5	6	7	7	7	8	8	9	9	10	11	12	16	17	17									
20	20	21	21	22	22	23	23	23	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24									
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2							
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6							
2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	6	6	7	7	7							
2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6	6								

Tableau 10A-9																			
Animal	Moutons		Chèvres		Chameaux		Chevaux		Mules/Anes		Volaille								
	Pays développés	Pays en voie de développement	Pays développés	Pays en voie de développement	Pays développés	Pays en voie de développement	Pays développés	Pays en voie de développement	Pays développés	Pays en voie de développement	Pays développés								
											Pondeuses (sec)	Pondeuses (humide)	Poulet	Dindes	Canards	Pays en voie de développement			
Caractéristiques animales	Masse (kg)	48.5	28	38.5	30	217	217	377	238	130	130	1.8	1.8	0.9	6.8	2.7	NR		
	Digest (%)	0.60	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	NR	NR	NR	NR	NR	NR		
	Consommation/jr (kg alim.)	1.08	0.7	0.76	0.76	5.42	5.42	5.96	5.96	3.25	3.25	NR	NR	NR	NR	NR	NR		
	% cendre (base sèche)	8.00	8	8	8	8	8	4	4	4	4	NR	NR	NR	NR	NR	NR		
	SV/jr (kg SV)	0.40	0.32	0.3	0.35	2.49	2.49	2.13	1.72	0.94	0.94	0.02	0.02	0.01	0.07	0.02	0.02		
	(m3/kg)	0.19	0.13	0.18	0.13	0.26	0.21	0.3	0.26	0.33	0.26	0.39	0.39	0.36	0.36	0.36	0.24		
Systèmes de gestion du fumier SGF																			
Température annuelle moyenne (°C)	Froid	10	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.5%	65%	1.5%	1.5%	1.0%	1.0%	
		11	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.5%	68%	1.5%	1.5%	1.0%	1.0%	
		12	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.5%	70%	1.5%	1.5%	1.0%	1.0%	
		13	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.5%	73%	1.5%	1.5%	1.0%	1.0%	
	14	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.5%	74%	1.5%	1.5%	1.0%	1.0%		
	Tempéré	15	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	75%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	
		16	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	76%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	
		17	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	76%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	
		18	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	77%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	
		19	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	78%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	
		20	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	78%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	
		21	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	78%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	
		22	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	78%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	
		23	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	79%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	
		24	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	79%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	
		25	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	80%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	
	Chaud	26	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	1.5%	80%	1.5%	1.5%	2.0%	2.0%	
		27	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	1.5%	80%	1.5%	1.5%	2.0%	2.0%	
		28	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	1.5%	80%	1.5%	1.5%	2.0%	2.0%	
	Facteurs d'émissions (kg CH ₄ par tête par an)																		
	Température annuelle moyenne (°C)	Froid	10	0.19	0.10	0.13	0.11	1.58	1.28	1.56	1.09	0.76	0.60	0.03	1.13	0.02	0.09	0.02	0.01
			11	0.19	0.10	0.13	0.11	1.58	1.28	1.56	1.09	0.76	0.60	0.03	1.18	0.02	0.09	0.02	0.01
			12	0.19	0.10	0.13	0.11	1.58	1.28	1.56	1.09	0.76	0.60	0.03	1.21	0.02	0.09	0.02	0.01
			13	0.19	0.10	0.13	0.11	1.58	1.28	1.56	1.09	0.76	0.60	0.03	1.26	0.02	0.09	0.02	0.01
		14	0.19	0.10	0.13	0.11	1.58	1.28	1.56	1.09	0.76	0.60	0.03	1.28	0.02	0.09	0.02	0.01	
		Tempéré	15	0.28	0.15	0.20	0.17	2.37	1.92	2.34	1.64	1.14	0.90	0.03	1.30	0.02	0.09	0.03	0.02
			16	0.28	0.15	0.20	0.17	2.37	1.92	2.34	1.64	1.14	0.90	0.03	1.31	0.02	0.09	0.03	0.02
			17	0.28	0.15	0.20	0.17	2.37	1.92	2.34	1.64	1.14	0.90	0.03	1.32	0.02	0.09	0.03	0.02
18			0.28	0.15	0.20	0.17	2.37	1.92	2.34	1.64	1.14	0.90	0.03	1.33	0.02	0.09	0.03	0.02	
19			0.28	0.15	0.20	0.17	2.37	1.92	2.34	1.64	1.14	0.90	0.03	1.35	0.02	0.09	0.03	0.02	
20			0.28	0.15	0.20	0.17	2.37	1.92	2.34	1.64	1.14	0.90	0.03	1.35	0.02	0.09	0.03	0.02	
21			0.28	0.15	0.20	0.17	2.37	1.92	2.34	1.64	1.14	0.90	0.03	1.36	0.02	0.09	0.03	0.02	
22			0.28	0.15	0.20	0.17	2.37	1.92	2.34	1.64	1.14	0.90	0.03	1.36	0.02	0.09	0.03	0.02	
23			0.28	0.15	0.20	0.17	2.37	1.92	2.34	1.64	1.14	0.90	0.03	1.37	0.02	0.09	0.03	0.02	
24			0.28	0.15	0.20	0.17	2.37	1.92	2.34	1.64	1.14	0.90	0.03	1.38	0.02	0.09	0.03	0.02	
25			0.28	0.15	0.20	0.17	2.37	1.92	2.34	1.64	1.14	0.90	0.03	1.38	0.02	0.09	0.03	0.02	
Chaud		26	0.37	0.20	0.26	0.22	3.17	2.56	3.13	2.19	1.52	1.20	0.03	1.38	0.02	0.09	0.03	0.02	
		27	0.37	0.20	0.26	0.22	3.17	2.56	3.13	2.19	1.52	1.20	0.03	1.39	0.02	0.09	0.03	0.02	
		28	0.37	0.20	0.26	0.22	3.17	2.56	3.13	2.19	1.52	1.20	0.03	1.39	0.02	0.09	0.03	0.02	

TABLEAU 10A-9 (SUITE)
CALCUL DU FACTEUR D'ÉMISSIONS DE METHANE DUES A LA GESTION DU FUMIER POUR D'AUTRES ANIMAUX

Animal	Caractéristiques de l'animal			Système de gestion du fumier (SGF)	Facteurs d'émissions (kg CH ₄ -tête ⁻¹ an ⁻¹)
	Masse (kg)	SV (kg SV jour ⁻¹)	Bo (m ³ kg SV)		
Cervidés ^a	NR	NR	NR	NR	0,22
Rennes ^b	NR	0,39	0,19	2,0 %	0,36
Lapins ^c	1,60	0,10	0,32	1,0 %	0,08
Animaux à fourrure ^b	NR	0,14	0,25	8,0 %	0,68
Autruches ^b	NR	1,16	0,25	8,0 %	5,67

a Sneath (1997) cité dans l'inventaire des GES du Royaume-Uni.

b Estimations tirées de l'université agricole de Norvège, institut de chimie et de biotechnologie, département microbiologie.

c Données obtenues à partir de l'inventaire des GES italien, 2004.

NR = non inclus dans les rapports

Références

SECTION 10.2 CARACTERISATION DU BETAIL ET DE SON ALIMENTATION

- AAC (Australian Agricultural Council) (1990). Feed Standards for Australian Livestock Ruminants. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) Publications, East Melbourne, Victoria, Australia.
- AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients (1990). Nutritive Requirements of Ruminant Animals: Energy. Rep. 5, CAB International, Wallingford, U.K.
- Agricultural and Food Research Council (AFRC) Technical Committee on Responses to Nutrients (1993). Energy and Protein Requirements of Ruminants. 24-159, CAB International, Wallingford, U.K.
- Bamualim, A. and Kartiarso (1985). 'Nutrition of draught animals with special reference to Indonesia.' In: Draught Animal Power for Production. J.W. Copland (ed.). Australian Centre for International agricultural Research (ACIAR), Proceedings Series No. 10. ACIAR, Canberra, A.C.T., Australia.
- Food and Agriculture Organisation (FAO) (1999). Statistical Database.
- Gibbs, M.J. and Johnson, D.E. (1993). "Livestock Emissions." In: International Methane Emissions, US Environmental Protection Agency, Climate Change Division, Washington, D.C., U.S.A.
- Gibbs, M.J., Conneely, D., Johnson, D., Lassey, K.R. and Ulyatt, M.J. (2002). CH₄ emissions from enteric fermentation. In: Background Papers: IPCC Expert Meetings on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, p 297–320. IPCC-NGGIP, Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Kanagawa, Japan.
- Ibrahim, M.N.M. (1985). 'Nutritional status of draught animals in Sri Lanka.' In: Draught Animal Power for Production, J.W. Copland (ed.). ACIAR (Australian Centre for International Agricultural Research) Proceedings Series No. 10. ACIAR, Canberra, A.C.T., Australia.
- Jurgen, M.H. (1988). Animal Feeding and Nutrition, Sixth Edition, Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa, U.S.A.
- Lawrence, P.R. (1985). 'A review of nutrient requirements of draught oxen.' In: Draught Animal Power for Production. J.W. Copland (ed.). ACIAR (Australian Centre for International Agricultural Research) Proceedings Series No. 10. ACIAR, Canberra, A.C.T., Australia.
- National Research Council (NRC) (1984). Nutrient Requirements of Beef Cattle, National Academy Press, Washington, D.C. U.S.A.
- NRC (1989). Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 6th, National Academy Press, Washington, D.C. U.S.A.
- NRC (1996). Nutrient Requirements of Beef Cattle, National Academy Press, Washington, D.C. U.S.A.
- NRC (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th Ed., Nat. Acad. Press, Washington, DC.

SECTION 10.3 EMISSIONS DE METHANE DUES A LA FERMENTATION ENTERIQUE DU BETAIL DOMESTIQUE

- Clark, H., Brookes, I. and Walcroft, A. (2003). Enteric methane emissions from New Zealand ruminants 1999-2001 calculated using an IPCC Tier 2 approach. <http://www.climatechange.govt.nz/resources/reports/nir-apr03/>.
- Crutzen, P.J., Aselmann, I. and Seiler, W. (1986). "Methane Production by Domestic Animals, Wild Ruminants, Other Herbivorous Fauna, and Humans," *Tellus* **38B**:271-284.
- Diarra, B. (1994). Net energy value of soybean hulls as feed for sheep. Dissertation. Colorado State University, Ft Collins, CO.
- Donovan, K. and Baldwin, L. (1999). Results of the AAMOLLY model runs for the Enteric Fermentation Model. University of California, Davis.
- Hindrichsen, I., Kreuzer, M., Machmuller, A., Knudsen, K. E., Madsen, J. and Wettstein, H.R. (2003). Methane release and energy expenditure of dairy cows fed concentrates characterized by different

- carbohydrates. In: Prog. in Res. En. & Prot. Metabol. (Souffrant, W.B, and CC. Metges, eds.) Wageningen Acad. Pub, The Netherlands, EAAP Publ. 109:413-416.
- Johnson, K., Huyler, M., Westberg, H., Lamb, B. and Zimmerman, P. (1994). Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a SF₆ tracer technique. *Environmental. Sci. Tech.*, **28**: 359-362.
- Johnson, K.A. and Johnson, D.E. (1995). Methane emissions from cattle. *J. Anim. Sci.*, **73**: 2483-2492
- Judd, M.J., Kelliher, F.M., Ulyatt, M.J., Lassey, K.R., Tate, K.R., Shelton, I.D., Harvey, M.J. and Walker, C.F. (1999). Net methane emissions from grazing sheep, *Global Change Biol.*, **5**, pp. 647-657.
- Kujawa, M. (1994). Energy partitioning in steers fed cottonseed hulls or sugar beet pulp. Dissertation, Colorado State University, Ft Collins, CO.
- Kurihara, M., Magner, T., Hunter, R.A. and McCrabb, G.J. (1999). Methane production and energy partition of cattle in the tropics. *British Journal of Nutrition*, **81**, pp. 227-234.
- Lassey, K.R. (2006). Livestock methane emission: from the individual grazing animal through national inventories to the global methane cycle. *Agric. For. Meteorol.* (in press).
- Lassey, K.R., Ulyatt, M.J., Martin, R.J., Walker, C.F. and Shelton, I.D. (1997). Methane emissions measured directly from grazing livestock in New Zealand, *Atmos. Environ.*, **31**, pp. 2905-2914.
- Leuning, R., Baker, S.K., Jamie, I.M., Hsu, C.H., Klein, L., Denmead, O.T. and Griffith, D.W.T. (1999). Methane emission from free-ranging sheep: a comparison of two measurement methods, *Atmos. Environ.*, **33**, pp. 1357-1365.
- Murray, B.R., Bryant, A.M. and Leng, R.A. (1978). Methane production in the rumen and lower gut of sheep given lucerne chaff: effect of level of intake, *Br. J. Nutr.*, **39**, pp. 337-345.
- National Research Council (NRC) (1989). Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 6th Ed., Nat. Acad. Press, Washington, DC.
- National Research Council (NRC) (1996). Nutrient Requirements of Beef Cattle, 7th Edit., Nat. Acad. Press, Washington, DC.
- National Research Council (NRC) (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7th Ed., Nat. Acad. Press, Washington, DC.
- Pinares-Patino, C.S., Ulyatt, M.J., Waghorn, G.C., Lassey, K.R., Barry, T.N., Holmes, C.W. and Johnson, D.E. (2003). Methane emission by alpaca and sheep fed on Lucerne hay or grazed on pastures of perennial ryegrass/white clover or birds foot trefoil. *J. Agric. Sci.* **140**:215-226.
- Ulyatt, M.J., Lassey, K.R., Shelton, I.D. and Walker, C.F. (2002a). "Seasonal variation in methane emission from dairy cows and breeding ewes grazing ryegrass/white clover pasture in New Zealand." *New Zealand Journal of Agricultural Research* **45**:217-226.
- Ulyatt, M.J., Lassey, K.R., Shelton, I.D. and Walker, C.F. (2002b). "Methane emission from dairy cows and wether sheep fed subtropical grass-dominant pastures in midsummer in New Zealand." *New Zealand Journal of Agricultural Research* **45**:227-234.
- Ulyatt, M.J., Lassey, K.R., Shelton, I.D. and Walker, C.F. (2005). Methane emission from sheep grazing four pastures in late summer in New Zealand. *New Zealand Journal Agricultural Research* **48**: 385-390.

SECTION 10.4 ÉMISSIONS DE METHANE DUES A LA GESTION DU FUMIER

- Amon, B., Amon, Th., Boxberger, J. and Pollinger, A. (1998). Emissions of NH₃, N₂O, and CH₄ from composted and anaerobically stored farmyard manure. Pages 209-216 in Martinez J, Maudet M-N (eds) Ramiran 98, Proc. 8th Int. Conf. on the FAO ESCORENA Network on Recycling of Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture. Rennes, France.
- Amon, B., Amon, Th., Boxberger, J. and Alt, Ch. (2001). Emissions of NH₃, N₂O, and CH₄ from dairy cows housed in a farmyard manure tying stall (Housing, Manure Storage, Manure Spreading). *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **60**: pp. 103-113.
- ASAE (1999). ASAE Standards 1999, 46th Edition. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI.

- Hashimoto, A. and Steed, J. (1993). Methane emissions from typical U.S. livestock manure management systems. Draft report prepared for ICF Incorporated under contract to the Global Change Division of the Office of Air and Radiation, US Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- Hill, D.T. (1982). Design of digestion systems for maximum methane production. *Transactions of the ASAE*, 25(1): pp. 226-230.
- Hill, D.T. (1984). Methane productivity of the major animal types. *Transactions of the ASAE* 27(2): pp. 530-540.
- IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories. Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Tréanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. Callander B.A. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, France.
- Mangino, J., Bartram, D. and Brazy, A. (2001). Development of a methane conversion factor to estimate emissions from animal waste lagoons. Presented at U.S. EPA's 17th Annual Emission Inventory Conference, Atlanta GA, April 16-18, 2002.
- Moller, H.B., Sommer, S.G. and Ahring, B. (2004). Biological degradation and greenhouse gas emissions during pre-storage of liquid animal manure. *Journal of Environmental Quality*, 33: pp. 27-36.
- Peterson, K. and Jacobs, H. (2003). 1990-2002 Volatile solids and Nitrogen excretion rates deliverable under EPA Contract No. GS-10F-0124J, Task Order 004-02. Memorandum to EPA from ICF Consulting. August 28, 2003.
- Safley, L.M., Casada, M.E., Woodbury, J.W. and Roos, K.F. (1992). Global Methane Emissions from Livestock and Poultry Manure. US Environmental Protection Agency, Global Change Division, Washington, D.C., February 1992, EPA/400/1091/048.
- Sneath, R.W., Phillips, V.R., Demmers, G.M., Burgess, L.R. and Short, J.L. (1997). Long Term Measurements of Greenhouse Gas Emissions from UK Livestock Buildings. Bio-Engineering Division, Silsoe Research Institute, Wrest Park, Silsoe, Bedford, MK45 4HS. Livestock Environment: Proceedings of the Fifth International Symposium. Bloomington MN. May 29-31, 1997.
- Sommer, S.G., Petersen, S.O. and Sogaard, H.T. (2000). Greenhouse gas emissions from stored livestock slurry. *Journal of Environmental Quality*, 29: pp. 744-751.
- Steed Jr, J. and Hashimoto, A.G. (1994). Methane emissions from typical manure management systems. *Bioresource Technology* 50: pp. 123-130.
- USDA (1996). Agricultural Waste Management Field Handbook, National Engineering Handbook (NEH). Part 651, U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. July.
- Woodbury, J.W. and Hashimoto, A. (1993). Methane Emissions from Livestock Manure. In International Methane Emissions, US Environmental Protection Agency, Climate Change Division, Washington, D.C., U.S.A.
- Zeeman, G. (1994). Methane production/emission in storages for animal manure. *Fertilizer Research* 37: 207-211, 1994. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

SECTION 10.5 ÉMISSIONS D'OXYDE NITREUX DUES A LA GESTION DU FUMIER

- Amon, B., Amon, Th., Boxberger, J. and Pollinger, A. (1998). Emissions of NH₃, N₂O, and CH₄ from composted and anaerobically stored farmyard manure. Pages 209-216 in Martinez J, Maudet M-N (eds) Ramiran 98, Proc. 8th Int. Conf. on the FAO ESCORENA Network on Recycling of Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture. Rennes, France.
- Amon, B., Amon, Th., Boxberger, J. and Alt, Ch. (2001). Emissions of NH₃, N₂O, and CH₄ from dairy cows housed in a farmyard manure tying stall (Housing, Manure Storage, Manure Spreading). *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 60: pp. 103-113.
- Asman, W.A.H., Sutton, M.A. and Schjoerring, J.K. (1998). Ammonia: emission, atmospheric transport and deposition. *New Phytol.*, 139, p. 27-48
- Bierman, S., Erickson, G.E., Klopfenstein, T.J., Stock, R.A. and Shain, D.H. (1999). Evaluation of

- nitrogen and organic matter balance in the feedlot as affected by level and source of dietary fiber. *J. Anim. Sci.* **77**:1645-1653.
- Döhler, H., Eurich-Menden, B., Dämmgen, U., Osterburg, B., Lüttich, M., Bergschmidt, A., Berg, W., Brunsch, R. (2002). BMVEL/UBA-Ammoniak-Emissionsinventar der deutschen Landwirtschaft und Minderungsszenarien bis zum Jahre 2010. Texte 05/02. Umweltbundesamt, Berlin.
- Dustan, A. (2002). Review of methane and nitrous oxide emission factors in cold climates. Institutet for jordbruks-och miljöteknik, JTI-rapport, Lantbruk & Industri, 299.
- Eghball, B. and Power, J.F. (1994). Beef cattle feedlot manure management. *J. Soil Water Cons.* **49**:113-122.
- European Environmental Agency (2002). Joint EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook, 3rd ed., July 2002, Copenhagen.
- Groot Koerkamp, P.W.G., Speelman, L. and Metz, J.H.M. (1998). Effect of type of aviary, manure and litter handling on the emission kinetics of ammonia from layer houses. *Br. Poult. Sci.*, **39**, p. 379-392.
- Hao, X., Chang, C., Larney, F.J. and Travis, G.R. (2001). Greenhouse gas emissions during cattle feedlot manure composting. *Journal Environmental Quality* **30**: pp. 376-386.
- Harper, L.A., Sharpe, R.R. and Parkin, T.B. (2000). Gaseous emissions from anaerobic swine lagoons: Ammonia, Nitrous Oxide, and Dinitrogen Gas. *Journal of Environmental Quality* **29**: pp. 1356-1365.
- Hutchings, N.J., Sommer, S.G., Andersen, J.M. and Asman, W.A.H. (2001). A detailed ammonia emission inventory for Denmark. *Atmospheric Environment*, **35**, p. 1959-1968.
- Külling, D.R., Menzi, H., Sutter, F., Lischer, P. and Kreuzer, M. (2003). Ammonia, nitrous oxide and methane emissions from differently stored dairy manure derived from grass- and hay-based rations. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **65**: pp. 13-22.
- Lague, C., Fonstad, T. A., Marquis, A., Lemay, S.P., Godbout, S. and Joncas, R. (2004). Greenhouse Gas Emissions from Swine Operations in Québec and Saskatchewan: Benchmark Assessments. Climate Change Funding Initiative in Agriculture (CCFIA), Canadian Agricultural Research Council, Ottawa, ON.
- Meisinger, J.J. and Jokela, W.E. (2000). Ammonia Volatilization from Dairy and Poultry Manure. In: Managing Nutrients and Pathogens from Animal Agriculture. Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service, Ithaca, NY. March 28-30, 2000. NRAES-130, p.334-354.
- Moller, H.B., Sommer, S.G. and Anderson, B.H. (2000). Nitrogen mass balance in deep litter during the pig fattening cycle and during composting. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* **137**:235-250.
- Monteny G. J., Groesetein C. M. and Hilhorst M. A. (2001). Interactions and coupling between emissions of methane and nitrous oxide from animal husbandry. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **60**: pp. 123-132.
- Monteny, G.J. and Erisman, J.W. (1998). Ammonia emissions from dairy cow buildings: A review of measurement techniques, influencing factors and possibilities for reduction. *Neth. J. Agric. Sci.*, **46**, p. 225-247.
- Moreira, V.R. and Satter, L.D. (2004). Estimating nitrogen loss from dairy farms. *Pedology*.
- National Research Council (NRC) (1996). Nutrient Requirements of Beef Cattle, 7th Revised Ed., Nat. Acad. Press, Washington., DC
- Nicks, B., Laitat, M., Vandenheede, M., Desiron, A., Verhaege, C. and Canart, B. (2003). Emissions of Ammonia, Nitrous Oxide, Methane, Carbon Dioxide, and Water Vapor in the Raising of Weaned Pigs on Straw-Based and Sawdust-Based Deep Litters. *Animal Research Journal*, **52**: pp. 299-308.
- Rotz, C.A. (2004). Management to reduce nitrogen losses in animal production. *J. Anim. Sci.* **82**(E. Suppl.):E119-E137.
- Sneath, R.W., Phillips, V.R., Demmers, G.M., Burgess, L.R. and Short, J.L. (1997). Long Term Measurements of Greenhouse Gas Emissions from UK Livestock Buildings. Bio-Engineering Division, Silsoe Research Institute, Wrest Park, Silsoe, Bedford, MK45 4HS. Livestock Environment: Proceedings of the Fifth International Symposium. Bloomington MN. May 29-31, 1997.
- Sommer, S.G. and Moller, H.B. (2000). Emission of greenhouse gases during composting of deep litter

from pig production – effect of straw content. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge **134**:327-335.

Sommer, S.G., Petersen, S.O. and Søgaard, H.T. (2000). Greenhouse gas emission from stored livestock slurry. *Journal of Environmental Quality* **29**: pp. 744-751.

US EPA (2004). National Emission Inventory – Ammonia Emissions from Animal Husbandry Operations, Draft Report. January 30, 2004.

Wagner-Riddle, C. and Marinier, M. (2003). Improved Greenhouse Gas Emission Estimates from Manure Storage Systems. Prepared for Climate Change Funding Initiative in Agriculture, Final Project Report, Component 2-3 Projects, Climate Change Science and Technology.

Webb, J. (2001). Estimating the potential for ammonia emissions from livestock excreta and manures. *Environ. Pollut.* **111**, p. 395-406.